

**TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN TOIMIALA**

**Konetekniikka**

**Koneensuunnittelu**

**INSINÖÖRITYÖ**

**NÄYTTEENPITIMEN SUUNNITTELU JOMINYSAUVAN HIONTAAN**

**Työn tekijä: Juho Kumpulainen  
Työn valvoja: Petri Koivu  
Työn ohjaaja: Petri Koivu**

**Työ hyväksytty: 23. 4. 2007**

**Petri Koivu**

## **ALKULAUSE**

Tämä insinöörityö tehtiin Helsingin ammattikorkeakoulu Stadialle laboratorioinsinööri Petri Koivun ohjauksessa.

Haluan kiittää häntä mielenkiintoisesta insinöörityöaiheesta sekä ohjeista suunnittelussa ja valmistuksessa.

Helsingissä 22.3.2007

Juho Kumpulainen

## INSINÖÖRITYÖN TIIVISTELMÄ

Tekijä: Juho Kumpulainen	
Työn nimi: Näytteenpitimen suunnittelu jominysauvan hiontaan	
Päivämäärä: 22.3.2007	Sivumäärä: 32 s. + 10 liitettä
Koulutusohjelma:	Suuntautumisvaihtoehto:
Kone- ja tuotantotekniikka	Koneen suunnittelu
Työn valvoja: Laboratorioinsinööri Petri Koivu	
Työn ohjaaja: Laboratorioinsinööri Petri Koivu	
<p>Tämän insinöörityön tavoitteena oli suunnitella helposti käännettävä näytteenpidin jominysauvojen hiontaan. Näytteenpitimen tuli olla käännettävä jominysauvojen molempien puolien samansuuntaisen hiomapinnan aikaansaamiseksi. Näytteenpitimen suunnittelu aloitettiin vastaavien käännettävien versioiden puuttuessa alan markkinoilta. Helsingin ammattikorkeakoulu Stadiaan oli myös suunniteltu uuden tasohiomalaitteen hankintaa, joten käännettävän näytteenpitimen kehittäminen oli ajankohtaista jominysauvojen oikeantyyppisen hionnan nopeuttamiseksi. Vastaavaa käännettävää näytteenpidintä oli myös kysely markkinoilla.</p> <p>Työ jakautui kahteen osaan: näytteenpitimen suunnitteluun ja valmistukseen. Näytteenpitimen tuli olla helposti irrotettavissa hiontalaitteesta sekä helposti liitettävissä takaisin hiontalaitteeseen. Valmistusteknillisiä ominaisuuksia piti ottaa huomioon näytteenpitimen suunnittelussa sekä sen rakenteen tuli kestää hionnassa muodostuvat voimat ja hionnassa käytetyn jäähdytysveden syövyttävän vaikutuksen. Käännettävän näytteenpitimen tuli olla kooltaan sopiva Struersin valmistamaan AbraPlan-10-tasohiomakoneeseen.</p> <p>Projektin tuloksena syntyi toimiva käännettävä näytteenpidin jominysauvojen hiontaan. Käännettävän näytteenpitimen käyttö nopeuttaa huomattavasti jominysauvojen hiontaa ja hiontapinnat tulevat yhdensuuntaisiksi varmuudella. Näytteenpidintä voi käyttää tapauskohtaisesti myös muiden kappaleiden hiontaan jominysauvojen hionnan ollessa kuitenkin käännettävän näytteenpitimen pääkäyttötarkoitus. Näytteenpitimen kokonaishalkaisija ylitti 19 millimetrillä aluksi annetun maksimiarvon, mutta nykyisillä mitoillakin näytteenpidintä on mahdollista käyttää AbraPlan-10-tasohiomakoneessa.</p>	
Avainsanat: specimen holder, AbraPlan-10, jominykoe	

## ABSTRACT

Name: Juho Kumpulainen	
Title: Designing Specimen Holder for Grinding Jominy Specimen	
Date: 22.3.2007	Number of pages: 32 + 10
Department: Machine and Production Engineering	Study Programme: Product Design
Instructor: Petri Koivu, Laboratory engineer	
Supervisor: Petri Koivu, Laboratory engineer	
<p>The purpose of this graduate study was to design an easily turning specimen holder for grinding jominy specimen. The specimen holder had to be able to turn around in order to allow for identical grinding of both sides of the jominy specimen. Designing a turning specimen holder was necessary as this kind of a specimen holder was not available in the markets. Helsinki Polytechnic Stadia intended to purchase a new grinding machine and developing a turning specimen holder was considered important in order to grind the jominy specimen fast and in the right way. In addition, there is a demand for this kind of a turning specimen holder in the markets.</p> <p>The project was divided into two parts: designing the turning specimen holder and manufacturing it. The criteria for the specimen holder included the following: easy connection and disconnection with the grinding machine, easy production process, good resistance to the forces of grinding and resistance to the corroding effect of cooling water. The turning specimen holder also had to fit the AbraPlan-10-grinding machine manufactured by Struers.</p> <p>This graduate study was successful in developing a well working turning specimen holder for grinding jominy specimen. With the help of this turning specimen holder grinding the jominy specimen is much faster and the similarity of both sides is guaranteed. This specimen holder can also be used for other specimen but it is mainly meant for grinding jominy specimen. The diameter of the specimen holder ended up being 19 mm larger than the originally given maximum value, but it can still be used with the current dimensions in the AbraPlan-10-grinding machine.</p>	
Keywords: specimen holder, AbraPlan-10, jominytest	

## **SISÄLLYS**

### **ALKULAUSE**

### **TIIVISTELMÄ**

### **ABSTRACT**

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>JOMINYKOE</b>	<b>3</b>
2.1	Suureet ja käsitteet	3
2.2	Jominykokeen laitteisto	4
2.3	Koesauvan kuumennus ja sammutus	6
2.4	Koesauvan kovuusmittaus	6
2.5	Jominykäyrä	9
<b>3</b>	<b>ABRAPLAN-10-TASOHIOMAKONE</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>KÄÄNNETTÄVÄN NÄYTTEENPITIMEN SUUNNITTELU</b>	<b>13</b>
4.1	Kiinnitys tasohiomakoneeseen	14
4.2	Ratkaisuvaihtoehdot käännettävän näytteenpitimen liittämiseen	15
4.3	Koesauvan kiinnitys näytteenpitimeen	16
4.4	Näytteenpitimen keskiosa	17
4.5	Jousitettu vetokahva	20
<b>5</b>	<b>KÄÄNNETTÄVÄN NÄYTTEENPITIMEN MATERIAALIVALINTA</b>	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>KÄÄNNETTÄVÄN NÄYTTEENPITIMEN VALMISTUS</b>	<b>24</b>
6.1	Sorvaus	24
6.2	Jyrsintä	25
<b>7</b>	<b>YHTEENVETO</b>	<b>29</b>
	<b>VIITELUETTELO</b>	<b>30</b>
	<b>LIITELUETTELO</b>	<b>31</b>

## 1 JOHDANTO

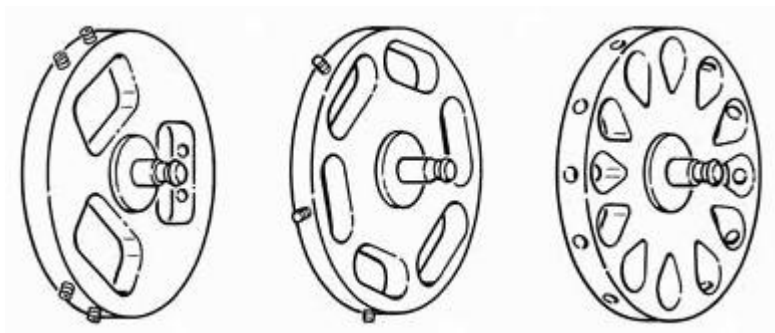
Helsingin ammattikorkeakoulu Stadian materiaalitekniikan laboratoriossa suoritetaan jominysauvakokeita, joissa mitataan koesauvojen kovuuksia karvaisen jälkeen. Koe on standardin SFS-EN ISO 642 mukainen. Jominysauvat hiotaan vastakkaisilta puolilta, minkä jälkeen kovuusmittaukset suoritetaan. Hiottujen pintojen tulee olla yhdensuuntaiset, koska muutoin kovuusmittaus joudutaan kohdistamaan uudelleen jälkimmäistä puolta varten. Kovuusmittaus tehdään kohtisuorassa koesauvan hiottua pintaa vasten. Sauvoja on tarkoitus tehdä useita ja jatkuva kohdistelu vie huomattavan paljon aikaa. Jominysauvan hiontaan on kehitetty jo näytteenpidin, mutta tässä mallissa sauva pitää irrottaa ja asettaa uudelleen näytteenpitimeen toisen puolen hionnan alkaessa. Uudelleenasettamiseen kuluu myös huomattavasti aikaa ja pinnat eivät välttämättä ole samansuuntaiset.

Helsingin ammattikorkeakoulu Stadia hankkii lähivuosina uuden AbraPlan-10 tasohiomakoneen materiaalitekniikan laboratorioon. Uuden tasohiomakoneen ansiosta jominysauvoja tullaan hiomaan huomattavasti useampia, ja käännettävän prosessia nopeuttavan näytteenpitimen suunnittelu ja valmistus alkaa olla ajankohtaista. AbraPlan-10 tasohiomakoneeseen voidaan asentaa korkeintaan 200 mm (8") halkaisijaltaan oleva näytteenpidin, ja tämä piti ottaa huomioon käännettävän näytteenpitimen suunnittelussa. Myös korkeussuunnassa on rajoituksia.

Jominysauva on standardin mukainen 25 mm halkaisijaltaan ja 100 mm pituudeltaan. Näiden mittojen mukaan näytteenpidin oli suunniteltava. Näytteenpitimen tuli olla riittävän ohut hiomisen onnistumiseksi jominysauvan molemmilta puolilta. Näytteenpitimen paksuus asetti rajoituksia kiinnitysmekanismin suunnittelulle. Osassa jominysauvoista on toisessa päässä 30–32 mm halkaisijaltaan oleva laippa, joka asetti omat vaatimuksensa näytteenpitimen suunnittelulle. Halutun hiomapinnan aikaansaamiseksi jominysauva on myös saatava helposti keskelle pidintä vaakatasoon. Jominysauvan hiontapinnan syvyys tulee olla standardin mukainen 0,4–0,5 mm.

Tasohiomakoneeseen on useita erilaisia näytteenpidinvaihtoehtoja käyttötarkoituksen mukaan (kuva 1). Jokainen näytteenpidin kiinnittyy tasohiomakoneeseen standardin mukaisella välikappaleella. Välikappale ja näytteenpi-

din poistetaan tasohiomakoneesta napin painalluksella. Välikappale on usein kiinnitetty varsinaiseen näytteenpitimeen kiinteästi pulteilla, joten näytteenpitimiin on usein varattu omat välikappaleensa.



*Kuva 1. Erilaisia näytteenpitimiä [4, s. 7]*

Käännettävän näytteenpitimen valmistettavien osien materiaaliksi valittiin haponkestävä teräs. Haponkestävä teräs on ominaisuuksiltaan hiomiseen sopiva kestävyytensä ja syöpymättömyytensä ansiosta. Kiinnittimen osien pienen koon vuoksi painoa ei kertynyt liikaa raskaasta materiaalivalinnasta huolimatta.

## 2 JOMINYKOE

Jominysauvakokeessa on kolme päävaihetta, joista ensimmäisessä sylinterimäinen koesauva kuumennetaan tiettyyn lämpötilaan austeniittialueelle ja pidetään siinä määrätyn ajan. Toisessa vaiheessa koesauva sammutetaan standardin mukaisissa olosuhteissa toiseen otsapintaan suunnatulla vesisuihkulla. Kolmannessa vaiheessa koesauvan pituussuuntaisilla hiotuilla mittaustasoilla mitataan kovuuksia määrätyn välein teräksen karkenevuuden määrittämiseksi kovuuden arvojen muutosten perusteella. [1, s. 8.]

### 2.1 Suureet ja käsitteet

Oheisesta taulukosta käyvät ilmi standardin SFS-EN ISO 642 mukaiset suu-reet ja käsitteet, joita jominysauvakokeessa noudatetaan.

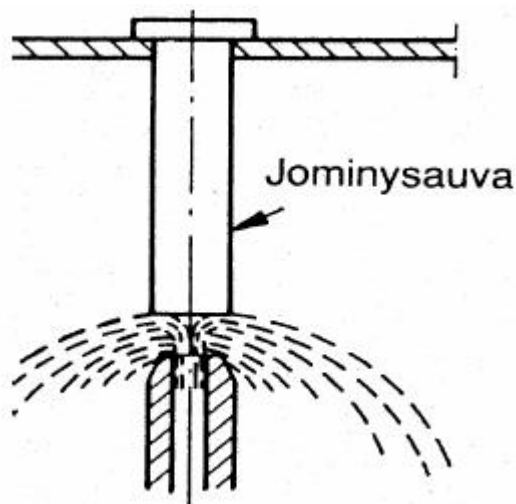
*Taulukko 1. Kokeen arvot [1, s. 10]*

Tunnus	Käsite	Arvo
L	Koesauvan kokonaispituus	(100 ± 0,5) mm
D	Koesauvan halkaisija	(26 -0/+ 0,5) mm
t	Aika, jonka koesauva on asteniittilämpötilassa	(30 -0/+5) min
tm	Koesauvan uunista ottamisen ja vesisammutuksen alkamisen välinen enimmäisaika	5 s
T	Sammutusveden lämpötila	(20 ± 5) °C
a	Pystysuoran vesiputken halkaisija	(12,5 ± 0,5) mm
h	Vesisuihkun vapaa nousukorkeus	(65 ± 10) mm
l	Vesiputken suun ja koesauvan otsapinnan välinen etäisyys	(12,5 ± 0,5) mm
e	Kovuuden mittaustasojen hiontasyvyys	(0,4...0,5) mm
d	Kovuuden mittaushetken etäisyys millimetreinä otsapinnasta, Jominyetäisyys	
Jxx-d	Jominykovuus etäisyydellä d, Rockwell kovuus HRC	
JHVxx-d	Jominykovuus etäisyydellä d, Vickers kovuus HV 30	



## 2.2 Jominykokeen laitteisto

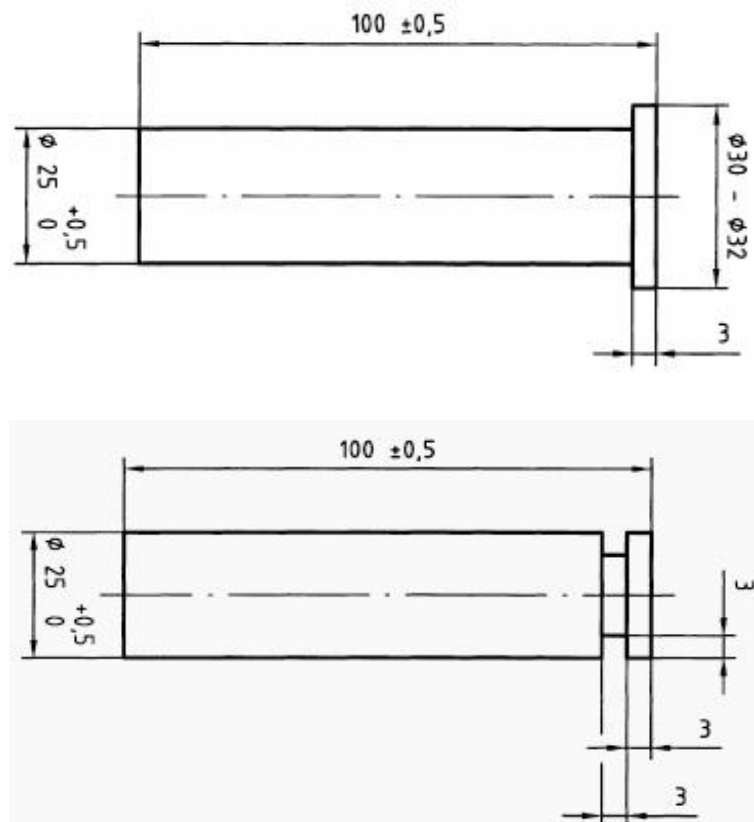
Jominysauvan sammutuslaitteella on pystyttävä sammuttamaan koesauva nopeasti otsapintaan suunnatulla vesisuihkulla (kuva 2). Usein vesisuihku on toteutettu esim. nopeatoimisella sulkimella ja säätimellä, jolla vesisuihkun korkeus asetetaan sopivaksi. Voidaan myös käyttää suljinlevyä, jolla vesisuihku saadaan katkaistua tai vapautettua nopeasti. Vesiputken suun ja koesauvan otsapinnan välinen etäisyys pitää olla standardissa määritetty  $12,5 \pm 0,5$  mm. Koesauvan pidin on asetettava siten, että koesauva on tarkasti keskitetty vesisuihkun yläpuolella ja pysyy kohdallaan sammutuksen ajan. Koesauva on suojattava vesiroiskeilta ennen sammutusta ja sen aikana. Kuumennuksen ja sammutuksen aikana koesauva ei saa altistua vedolle. [1, s. 12.]



Kuva 2. Koesauvan sammutus [7, s. 5]

Koesauvan sylinteripinta on viimeistelysorvattava. Sammutettavan koesauvan otsapinnan pinnanlaatu on oltava riittävän hyvä, siinä ei saa olla jäystettä ja se on mielellään hiottu.

Kuvassa 3 on laipallinen ja laipaton urallinen koesauva.



Kuva 3. Koesauvatyyppit [1, s. 14]

Jominykokeessa tarvittavat välineet: [8]

- koesauvat
- työntömitta
- piirtopuikko
- tussi
- pistepuikko (Koesauvat merkitään myöhempää tunnistusta varten.)
- vasara
- karkaisu-uuni
- sammutuslaite
- kovuusmittari.

### 2.3 Koesauvan kuumennus ja sammutus

Koesauva kuumennetaan standardin vaatimaan lämpötilaan tarkoitukseen varatulla uunilla. Lämpötila mitataan koesauvan keskustasta ja sitä valvotaan koesauvan akselia pitkin poratusta reiästä, johon on sijoitettu termoelementti. Koesauvassa ei saa esiintyä hiilenkatoa kuumennuksen yhteydessä.

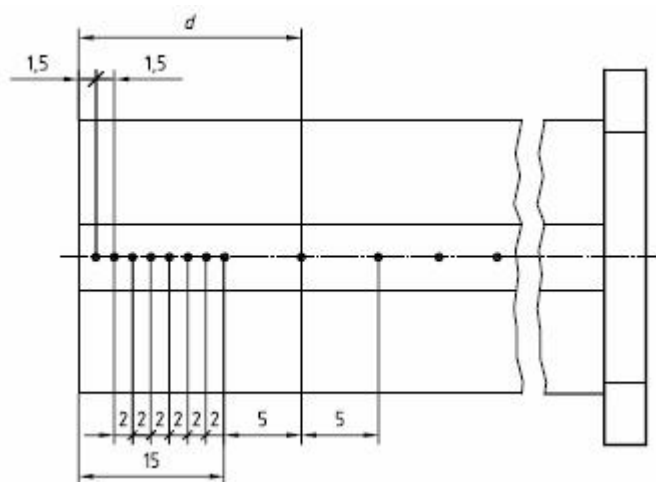
Standardissa koesauvan uunista ottamisen ja sammutuksen alkamisen välinen aika on korkeintaan 5 sekuntia. Siirrettäessä koesauvaa pihdeillä uunista pitimeen on otettava kiinni urallisesta tai laipallisesta päästä koesauvan tyypistä riippuen. Sammutuksen tulee kestää vähintään 10 minuuttia.

Koesauvan kuumennuksen ja sammutuksen jälkeen sauva viimeistellään hiomalla vastakkaisille puolille yhdensuuntaiset kovuuden mittauspinnat. Mittauspintojen on oltava samalla etäisyydeltä tuotteen pinnasta. Hionnassa on käytettävä jäähdytystä ylikuumenemisen aiheuttamien rakennemuutosten ennaltaehkäisemiseksi. [1, s. 18.]

### 2.4 Koesauvan kovuusmittaus

Koesauvan hiotut mittauspinnat tarkastetaan hionnan jälkeen tarvittaessa pehmenemisten varalta upottamalla ne typpihaapon vesiliuokseen. Typpihaapon vesiliuos värjää pinnat mustiksi. Koesauvojen pinnan värin epätasaisuuksista nähdään tämän jälkeen mahdolliset pehmenemät. Jos pinta ei täytä vaatimuksia, hiotaan koesauvan hiomattomat pinnat ja uusitaan tarkastus. [1, s. 20.]

Vaatimukset täyttäneet koesauvat kiinnitetään tukevasti kovuusmittauksia varten. Kovuusmittari on asetettava 0,1 mm tarkkuudella standardissa määriteltäisiin mittaushohtiin (kuva 4). Kovuuden mittauskohdat on määriteltävä tarkasti standardeissa ISO 6508–1, ISO 6508–2 ja ISO 6508–3. Kovuus mitataan Rockwell C -mittauksella. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää myös standardin ISO 6507–1 mukaista Vickers HV 30 -mittausta. Kovuusmittauspisteitä on useita ja niiden välit on määriteltävä standardissa.



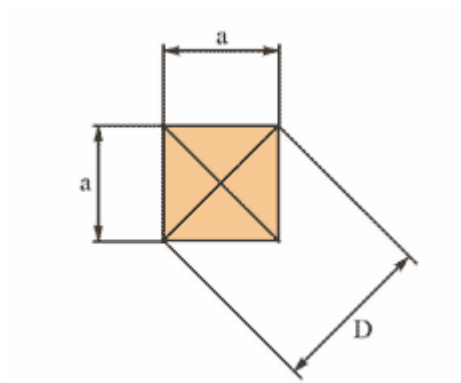
Kuva 4. Kovuusmittauskohdat [1, s. 25]

### Rockwell C -kovuusmittauskoe

Materiaalin kovuus koostuu eri tekijöistä, kuten sitkeys, kimmoisuusominaisuudet, iskusitkeysarvot sekä vetomurtolujuus. Rockwell C -kovuusmittauksessa materiaalin kovuus mitataan painamalla timanttikartiota mitattavaan materiaaliin. Painumissyvyys mitataan esikuormalla sekä varsinaisella mittakuormalla. Painauman syvyys määrittelee materiaalin kovuuden. Rockwell C -kovuusmittauskoe on nopea suorittaa ja sen tulos on tarkka. Tulos on riippumaton mittaajasta eikä koe vahingoita mitattavaa kappaletta. Rockwell C -kovuusmittauskoe ei ole herkkä mitattavan kappaleen pinnanlaadulle kuten pinnan karheudelle ja tummuudelle. Menetelmästä käytetään nimeä HRC-kovuus. [2.]

### Vickers -kovuusmittauskoe

Vickers -kovuusmittausmenetelmässä painetaan pyramidin muotoista timanttikärkeä mitattavan materiaalin pintaan (kuva 5). Pyramidikärjen kylkien kulma on 136 astetta. Kärkeä painetaan materiaaliin 1 – 100 kilon massalla. Valittava kuormitusmassa on riippuvainen mitattavasta materiaalista ja sen ainepaksuudesta. Mitattavaa materiaalia painetaan 10 – 15 sekunnin ajan. Materiaaliin syntynyt pyramidin muotoinen painauma mitataan mikroskooppilla. Kovuusmittauksen tulos saadaan jakamalla käytetty massa syntyneen kuvion halkaisijalla. [3.]



Kuva 5. Kovuusmittausjäljen halkaisija [9]

Vickers -kovuusmittauksessa käytetään kaavaa

$$HV = \frac{2 \cdot \sin\left(\frac{136}{2}\right)}{D^2} \quad (1)$$

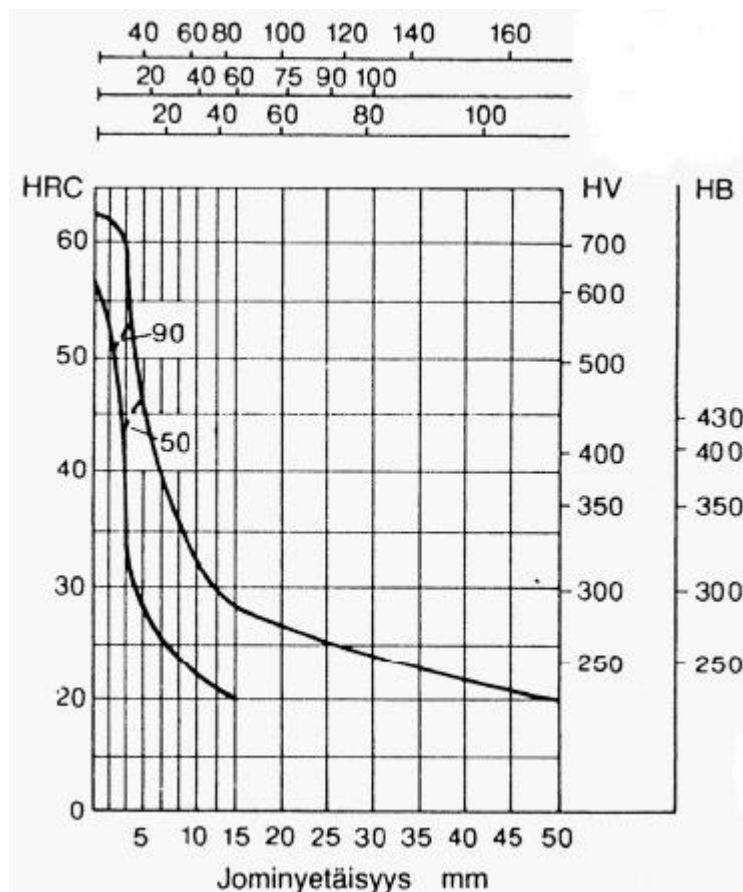
HV = kovuus Vickers -asteikolla

D = kovuusmittausjäljen halkaisija

136° on pyramidin muotoisen pään kylkien kulma.

## 2.5 Jominykäyrä

Kovuusmittausten tuloksena piirretään jominykäyrä (kuva 6), jonka vaakasuoralla akselilla on jominyetäisyys  $d$  ja pystysuoralla akselilla vastaavat kovuudet. Kyseisen teräksen karkenevuusvaatimus on määritetty jominykäyrien avulla. [1, s.22.]



Kuva 6. Jominykäyrä [7, s. 6]

Kuvassa on kovuuden arvot Vickers-, Rockwell C- ja Brinell- asteikoilla.

Onnistuneen jominyseuraukseen jälkeen laaditaan testausseuraste.

Testausseurasteessa on mainittava:

- viittaus kansainväliseen standardiin ISO 642:een
- teräslaji
- sulatusnumero
- kemiallinen koostumus
- näytteenottomenetelmä
- koesauva-aiheen normalisointi ja koesauvan kuumennus
- kovuusmittauksen mittaustyyppi
- kokeen tulos.

Testausseurasteen sisältö [1, s. 22]

### 3 ABRAPLAN-10-TASOHIOMAKONE

AbraPlan-10 on Struersin valmistama tehokas ja nopea tasohiomakone. Hiennon lisäksi tasohiomakone toimii myös kiillotuslaitteena. Automaattinen lattialla seisova AbraPlan-10 soveltuu parhaiten laboratorioihin, joissa käsitellään isoja näytteitä ja suuria näytemääriä. Koneen pyörivä hiomakivi on halkaisijaltaan 356 mm, ja näytteitä voi näytteenpitimen tyypistä riippuen olla 1–12. Koneen roiskesuoja asettaa näytteenpitimen maksimihalkaisijaksi 200 mm rajan. AbraPlan-10 on helppokäyttöinen, ja sitä on turvallista käyttää. Koneessa on puoliautomaattinen kiventeroitin, joka samalla tarkkailee kiven kulumista. Koneessa on sisäänrakennettu puhdistusletku, joka helpottaa päivittäistä puhdistusta. Lisävarusteeksi AbraPlan-10:een on saatavissa kontrolloitu materiaalinpoisto. [4].



*Kuva 7. AbraPlan-10-tasohiomakone [4]*



## Tekniset tiedot

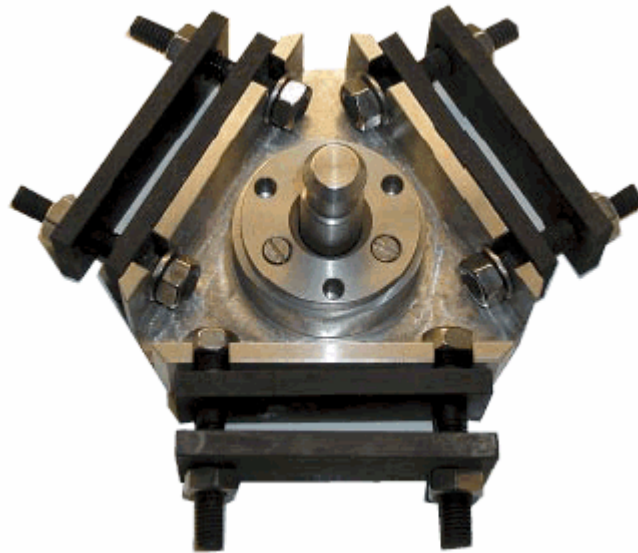
Taulukko 2. AbraPlan-10:n tekniset tiedot [4]

<b>Pyörivä hiomakivi</b>	Kierrosnopeus	1450 kierr./min
	Koko	356 mm
<b>Kiinnitin</b>	Nopeus	150 kierr./min
	Voimat	50 - 700 N
	Kiinnittimen maksimi. Ø	200 mm
<b>Näyttö</b>	LC näyttö	240 x 128 pistettä
<b>Elektroniikka</b>	Painikkeet	Hätäkatkaisin ja kalvonäppäimistö
<b>Ympäristöystävällisyys</b>	Melu	70 dB
	Käyttölämpötila	5 - 40 °C
	Kosteus	Max. 95 % Min. 20 %
<b>Käyttöjännite</b>	Virrankulutus	4.5 kW
	Moottorin tyyppi	3 vaihemoottori
	Moottorin teho	4 kW
<b>Paineilmajärjestelmä</b>	Paineilmajärjestelmän paine	6- 10 bar
<b>Mitat ja paino</b>	Leveys	670 mm
	Syvyys	939 mm
	Korkeus	1500 mm
	Paino	340 kg

#### 4 KÄÄNNETTÄVÄN NÄYTTEENPITIMEN SUUNNITTELU

Uusi tasohiomakone AbraPlan-10 mahdollistaa Helsingin ammattikorkeakoulu Stadian materiaalitekniikan laboratoriossa entistä tehokkaamman ja nopeamman kappaleiden hionnan. Jominysauvoja tullaan hiomaan useita kappaleita ja sauvojen hionnan tulee olla helppoa sekä nopeaa ja silti on päästävä haluttuun lopputulokseen. Käännettävään kiinnittimeen otettiin ideoita Struersin jo olemassa olevasta kolmen näytekappaleen pitimestä (kuva 8).

Käännettävän näytteenpitimen mallintamisessa käytettiin Dassault Systemsin CATIA 3D -ohjelmaa.

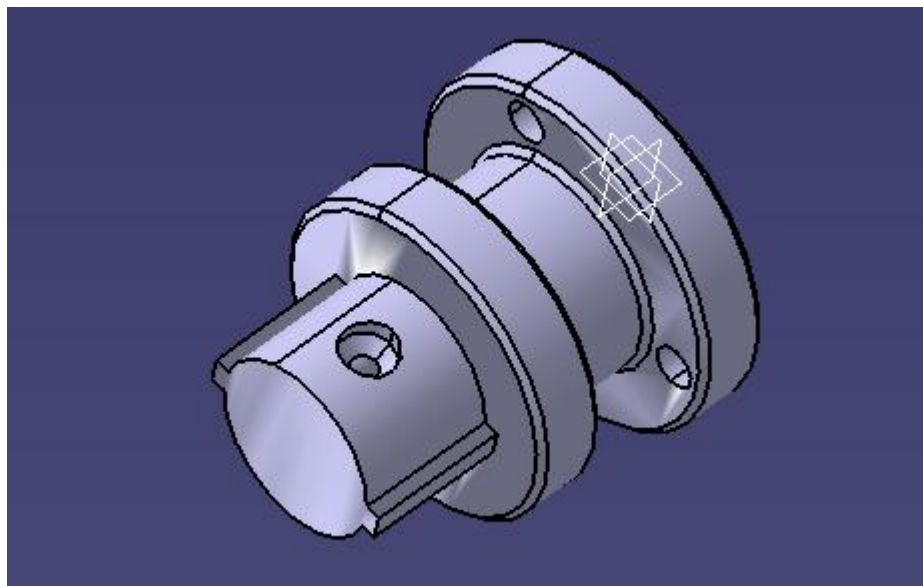


*Kuva 8. Struersin näytteenpidin [4]*

Käännettävän näytteenpitimen suunnittelun alussa oli päätettävä, käännetäänkö koko näytteenpidin, pelkät koesauvat vai koesauvat ja niitä puristavat leuat. Pelkkien koesauvojen kääntäminen sekä leukojen ja koesauvojen kääntäminen vaatisi pulttien avaamista, joten nämä vaihtoehdot olisivat hankalia ja liian hitaita suorittaa. Päädyttiin ratkaisuun, jossa koko näytteenpidin käännetään. Tämä ratkaisu asetti omat vaatimuksensa suunnittelulle. Käännettävästä näytteenpitimestä oli tehtävä riittävän ohut, jotta 25 mm halkaisijaltaan olevaa koesauvaa voidaan hioa molemmilta puolilta turvallisesti tarpeeksi. Myös näytteenpitimen kiinnitys ratkaisusta osa karsiutui näytteenpitimen ohuen ulkomuodon vuoksi.

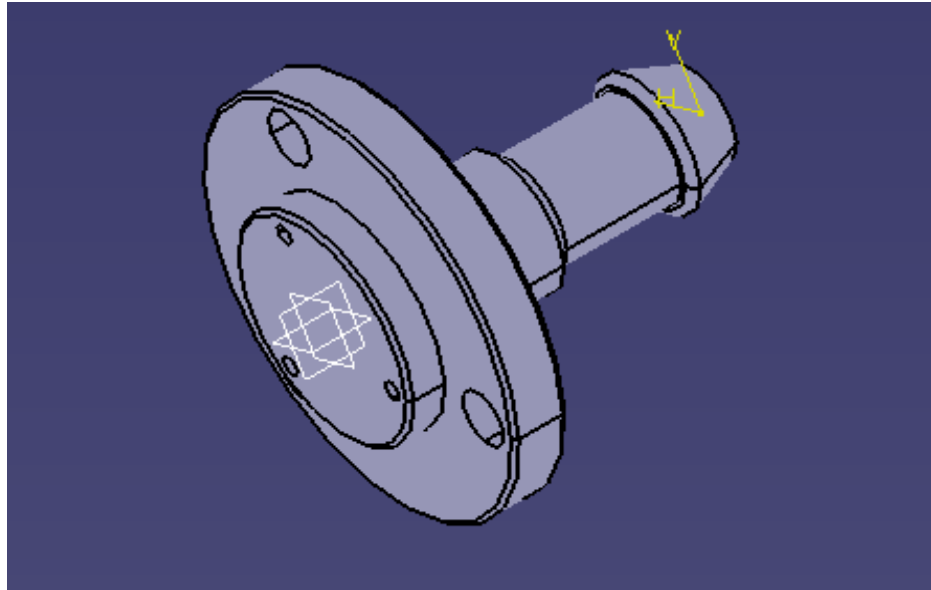
#### 4.1 Kiinnitys tasohiomakoneeseen

Näytteenpitimet kiinnitetään tasohiomakoneeseen standardivälikappaleella, johon on vaikea saada liitettyä käännettävää näytteenpidintä tukevasti. Välikappaleeseen päätettiin suunnitella pulteilla kiinnitettävä jatkokappale (kuva 9), johon varsinainen käännettävä näytteenpidin liitetään jollain yksinkertaisella kiinnitys/irrotusmenetelmällä. AbraPlan-10 tasohiomakoneessa on pyörivän hiomakiven korkeussäätö, joten 53 mm pitkstä jatkokappaleesta ei tule toiminnallista estettä. Standardivälikappale (kuva 10) irrotetaan tasohiomakoneesta painonapilla, ja tätä ratkaisua ajateltiin myös käännettävään näytteenpitimeen. Välikappaletta ja jatkokappaletta käsitellään yhtenä kappaleena, eikä osien irrottamiselle ole tarvetta. Standardivälikappale liitetään jatkokappaleeseen kolmella uppokantaisella M6- pultilla. Jatkokappaleen käyttö mahdollistaa myös käännettävän näytteenpitimen kokonaishalkaisijan kasvun yli 200 mm:n. Tasohiomakoneessa oleva roiskesuoja ei ota jatkokappaletta käyttäessä kiinni pyörivään näytteenpitimeen. Tarvittaessa uuden, isomman roiskesuojan voi valmistaa itse. Jatkokappaleeseen suunniteltiin kaksi uloketta vastakkaisille puolille estämään käännettävän näytteenpitimen pyöriminen jatkokappaleeseen nähden. Jatkokappaleessa ulokkeita vastaan kohtisuorassa on 4 mm syvä ja halkaisijaltaan 10 mm oleva reikä, johon näytteenpitimen keskiosa kiinnitetään myöhemmin valitulla liittotavalla.



Kuva 9. Jatkokappale

M6- pultit mahtuvat standardivälikappaleen rei'istä työntämällä, jatkokappaleen rei'issä on taas M6- kierteet, joten liittäminen onnistuu helposti.



Kuva 10. Standardivälikappale

#### 4.2 Ratkaisuvaihtoehdot käännettävän näytteenpitimen liittämiseen

Käännettävä näytteenpidin on pystyttävä liittämään jatkokappaleeseen nopeasti ja helposti. Käännettävä näytteenpidin on myös pystyttävä liittämään jatkokappaleeseen molemmilta puolilta. Näytteenpitimen ja jatkokappaleen välillä on oltava liitos, joka kestää näytteenpitimen ja näytteiden yhteispainon. Kierteellä kiinnittäminen ei käy, sillä hiomakiven pyörimissuunnan vaihtuessa liitos irtoaisi tai mahdollisesti kiristyisi liian tiukalle. Käännettävän näytteenpitimen ratkaisuvaihtoehdoiksi vaatimusten perusteella jäivät painonapilla liitettävä näytteenpidin, kuulajousella liitettävä näytteenpidin, ruuvilla liitettävä näytteenpidin ja jousitetulla vetokahvalla toimiva näytteenpidin.

Painonapilla liitettävä kiinnitin olisi helppokäyttöinen ja nopea. Käännettävän näytteenpitimen irrotus tapahtuisi nappia painamalla. Napista tulisi halkaisijaltaan pieni, koska 21 mm paksuun näytteenpitimeen ei jää tilaa isolle ja helposti käsiteltävälle painonapille. Lisäksi painonapin mekaniikka veisi liikaa tilaa ja näytteenpitimen seinämistä tulisi liian ohuet hionnassa muodostuville voimille. Valmistusteknillisesti painonappi- ratkaisu olisi myös hankala.

Kuulajousella liitettävä näyttteenpidin olisi myös helppokäyttöinen, nopea ja yksinkertainen toimiva ratkaisu nopeasti liitettävälle ja irrotettavalle käännettävälle näyttteenpitimelle. Kuulajousen kestävyydestä ja kyvystä pitää näyttteenpidin paikoillaan oli vain arvailuja, joten tämä ratkaisu jätettiin pois.

Kuusiokoloavaimella ruuvattava ruuvi olisi todella yksinkertainen ja nopeasti toimiva ratkaisu. Näyttteenpitimen lopulliset mitat oli saatava selville, jotta nähtäisiin jääkö kuusiokoloavaimelle tilaa toimia. Ruuviratkaisua voisi myös soveltaa ja asettaa näyttteenpidin jatkokappaleeseen kiinni käsin käännettävällä ruuvilla, jos vain sormityöskentelylle jää tarpeeksi tilaa. Kuusiokoloruuvilla liitettävä näyttteenpidin tarvitsisi ylimääräisen työkalun liittämiseen ja olisi tämän vuoksi hankala vaihtoehto.

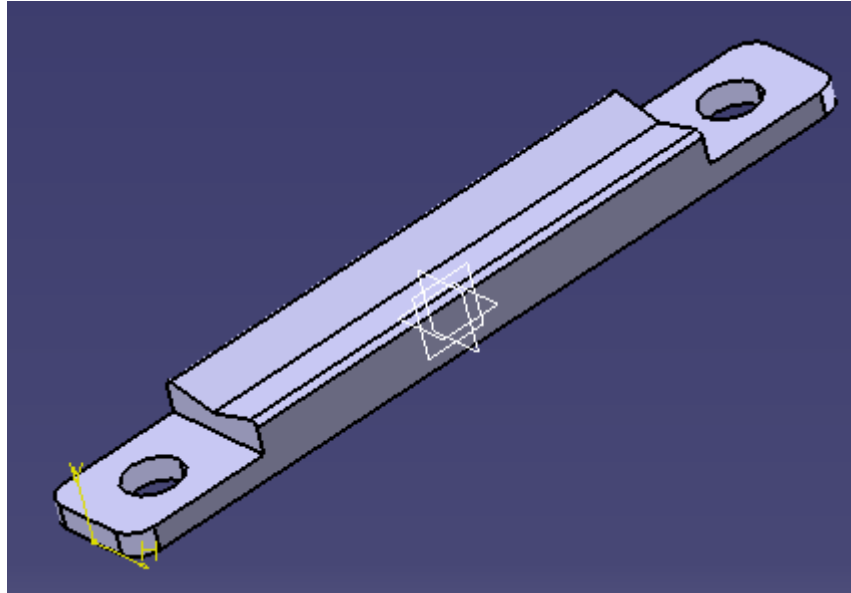
Pienikokoinen jousitettu vetokahva olisi kaikin puolin hyvä ratkaisuvaihtoehto. Jousitetulla vetokahvalla liittäminen/erottaminen olisi vielä nopeampaa ja helpompaa kuin ruuvilla. Vetokahvan mekaniikkaa ei olisi vaikea suunnitella ja valmistaa, jos jo valmista ja oikeankokoista vetokahvaa ei löydy markkinoilta.

#### 4.3 Koesauvan kiinnitys näyttteenpitimeen

Jominysauva on saatava kiinnitettyä keskelle käännettävän näyttteenpitimen leukojen väliin molemminpuolisten samanlaisten hiomapintojen aikaansaamiseksi. Muissa näyttteenpidinmalleissa käytetään näytteille alustaa, jonka johdosta näytteet saadaan asetettua pitimeen tasaisesti ja hiomatulos on kaikissa samanlainen.

Jominysauvojen muodon johdosta näyttteenpitimen leukoihin suunniteltiin V-urat, jotka pitävät sauvan kiinteästi paikallaan ja takaavat sen olevan keskellä näyttteenpidintä sivustapäin katsottuna. V-uran kulma on 155 astetta, ja se suunniteltiin melko suureksi, ettei leukaosan kestävyys kärsisi. Leukaosan (kuva 11) paksuus suunniteltiin myös mahdollisimman pieneksi, näyttteenpitimen kokonaishalkaisijan kasvua silmällä pitäen. Leukaosia on yhteensä kuusi kappaletta ja kolme niistä on 1 mm ohuempia kuin toiset, sillä sisempiin leukaosiin ei kohdistu pulttien kiristyksestä johtuvaa taivutusta. Tällä pienennettiin näyttteenpitimen kokonaishalkaisijaa. Näyttteenpitimen keskiosan reunat tukevat myös sisempiä leukaosia. Joidenkin jominysauva tyyppien laippa oli myös huomioitava suunnittelussa. Näyttteenpitimen leukojen muoto suunniteltiin siten, että V-urallinen paksumpi osuus sijaitsee kes-

kiosassa ja on 85 mm pitkä. Urallisen osuuden molemmanpuolin jää tilaa laipalle ennen pulttien reikiä. Paksumman osuuden pituus leukaosassa vaikuttaa merkittävästi osan rasiskestävyyteen ja tämän vuoksi se suunniteltiin pidemmäksi, kuin alun perin oli tarkoitus.



Kuva 11. Näytteenpitimen leukaosa

Leukaosasta suunniteltiin mahdollisimman lyhyt, vain 135 mm, jotta käännettävän näytteenpitimen kokonaishalkaisija ei kasvaisi kovin suureksi. Jominy-sauvan pituus on maksimissaan 100, 05 mm ja leukaosassa kiristys pulttien väliin jää vähintään 102 mm. Leukaosa on 21 mm korkea, jättäen tilaa koesauvalle hiontaa varten. Ulommissa paksummissa leukaosissa paksuus on 4 mm reunoilla ja 10 mm keskikohdassa. Sisemmissä ohuemmissa leukaosisissa paksuus reunoilla on 3 mm ja keskikohdassa 9 mm. M8- kiristyspultteja varten olevat reiät ovat halkaisijaltaan 10 mm. Leukaosan päädyt on pyöristetty 4 mm:n säteellä.

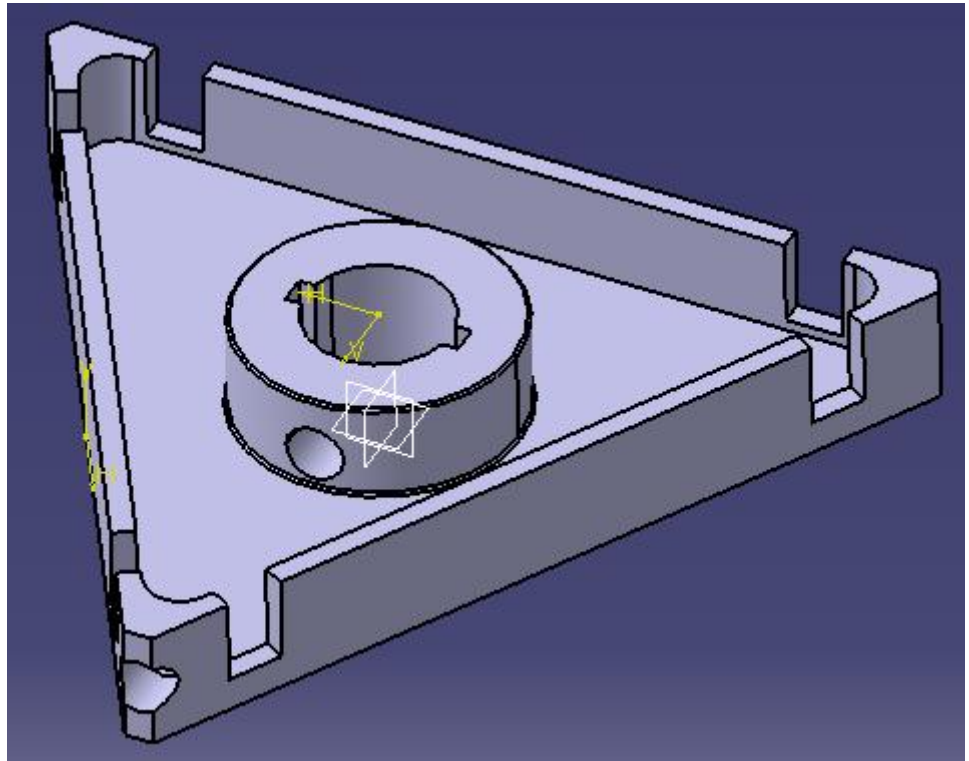
#### 4.4 Näytteenpitimen keskiosa

Käännettävän näytteenpitimen keskiosa (kuva 12) on kolmion muotoinen 21 mm paksu kappale. Keskiosaa lähdettiin suunnittelemaan kolmelle jominy-sauvalle. Kolme koesauvaa saa tukevasti kiinni näytteenpitimeen ja Abra-Plan-10-tasohiomakoneen pyörivän hiomakiven halkaisija riittää hiomaan

kaikkia kolmea sauvaa. Keskiosan suunnittelussa oli rajoituksia, kuten käännettävän näytteenpitimen kokonaishalkaisijan pitäminen riittävän pienenä. Jominysauvat oli myös saatava mahtumaan keskiosan sivuille, siten että leukaosien kiristyspultit pystytään asettamaan tukevasti keskiosaan.

Näytteenpitimen keskiosaksi lähdettiin suunnittelemaan ratkaisua Struersin kolmen näytteen näytteenpitimen pohjalta. Koesauvat laskettiin mahtuvan näytteenpitimen sivuille kokonaishalkaisijan pysyessä vaatimusten mukaisena. Keskiosan mitoissa ei ollut paljoa valinnan varaa, sillä koesauvojen mahtuminen näytteenpitimeen sekä kokonaishalkaisijan rajoitus asettivat tiukat rajat. Näytteenpitimen ohut ulkomuoto hionnan onnistumiseksi sauvojen molemmilta puolilta vähensi suunnittelun vapautta myös. Keskiosasta suunniteltiin mahdollisimman kestävä edellä mainittujen seikkojen puitteissa.

Keskiosassa on jatkokappaletta varten 25 mm:n reikä, jossa on jatkokappaleen ulokkeita vastaavat 5 mm leveät ja 4 mm syvät urat. Urille ja vastaaville ulokkeille jatkokappaleessa asetettiin välissovite, sillä haponkestävä teräs voi varsinkin lämmitessään tahmeta kiinni, jos liitos on liian ahdas. Uria vastaan kohtisuorassa on reikä, josta liittäminen jatkokappaleeseen tapahtuu. Keskiosan teräviin reunoihin suunniteltiin 5 mm:n viisteet. Liittämiseen tarkoitettu 10 mm:n reikä piti porata näytteenpitimen keskiosan päädyistä läpi varsinaiseen kohteeseensa, sillä reikää oli valmistusteknillisesti mahdotonta porata vain keskiympyrä ulokkeesta keskireikään. Mikään terä ei mahtuisi niin pieneen väliin poraamaan kohtisuoraa reikää. Liittämistoimintoa varten olevan reiän tuli olla tarkalleen keskiosan puolella välissä ja kohtisuorassa pintaa vasten kääntämistoiminnan onnistumiseksi.



Kuva 12. Näytteenpitimen keskiosa

Käännettävän näytteenpitimen keskiosa valmistetaan aihioista jyrsimällä. Siivuilla olevat on M8- pultteja varten olevat 10 mm leveät ja 15 mm syvät kolo. M8- pulttien sijainti tulee 15 mm syvillä koloilla keskelle näytteenpidintä, jotta koesauvojen tasainen hionta onnistuisi. Näytteenpitimen keskiosan reunat ja pohja ovat 4 mm paksut ja keskiuloke on halkaisijaltaan 48 mm. Keskiosassa teräviin reunoihin on tehty 5 mm:n viisteet ja sisäpuoliset kulmat on pyöristetty 6 mm:n säteellä. M8- pulttien pituudeksi valittiin 50 mm. Tällä pulttien pituudella jominsauvat mahtuvat kiristysleukojen väliin ja käännettävän näytteenpitimen kokonaishalkaisija ei kasva liian suureksi. Mahdollisia muita kappaleita hiottaessa voidaan tarvittaessa käyttää lyhyempiä pultteja tiivistämään välejä.

Keskiosan suunnittelussa muodostui ongelmaksi näytteenpitimen liittämistoiminnalle tarkoitettu reikä, joka jouduttiin poraamaan keskiosan päädyistä läpi. Päädyssä oleva reikä heikentäisi keskiosan rakennetta, eivätkä M8 kiinnityspultit mahtuisi kiinni keskiosaan. Ainoaksi ratkaisuksi ongelmaan löytyi näytteenpitimen keskiosan mittojen kasvattaminen, jolloin myös koko näytteenpitimen halkaisija kasvaisi. Päästiin lopputulokseen, jossa näytteenpitimen kokonaishalkaisija kasvoi 20 mm. Tässä vaiheessa oli otettava Ab-



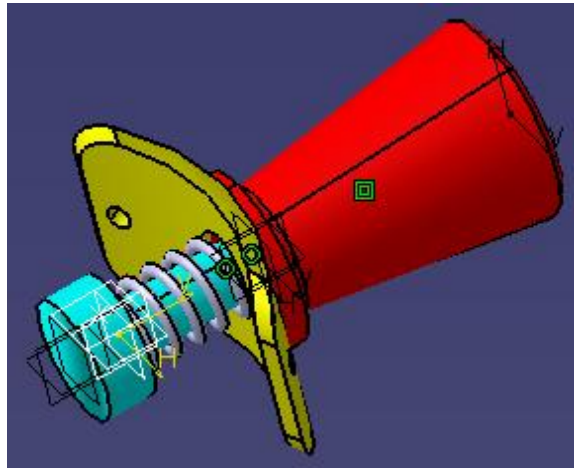
raPlan-10-tasohiomakoneen valmistajaan Struersiin yhteyttä ja tiedustella, voiko näytteenpitimen kokonaishalkaisija olla 220 mm.

Struers ilmoitti näytteenpitimen maksimihalkaisijaksi 220 mm. Tämä oli jo 20 mm enemmän mitä AbraPlan-10-tasohiomakoneen näytteenpitimien maksimihalkaisija alun perin saisi olla. Muutosten jälkeen käännettävän näytteenpitimen kokonaishalkaisija oli 219 mm, ja tämäkin oli mitta maksimissaan, sillä jominysauvat sekä M8- pultit oli laskettu toleranssien yläarvoilla. Käännettävän näytteenpitimen valmistuksessa ei nykyisillä arvoilla saisi kuitenkaan olla suuria heittoja.

#### 4.5 Jousitettu vetokahva

Jatkokappaleen ja käännettävän näytteenpitimen liittämiseen ratkaisuksi valittiin jousitettu vetokahva. Vetokahva päätettiin suunnitella ja valmistaa itse. Tässä vaiheessa käännettävän näytteenpitimen lopulliset mitat olivat selvillä, ja jousitettu vetokahva pystyttiin suunnittelemaan oikeilla mitoilla lopulliseen muotoonsa.

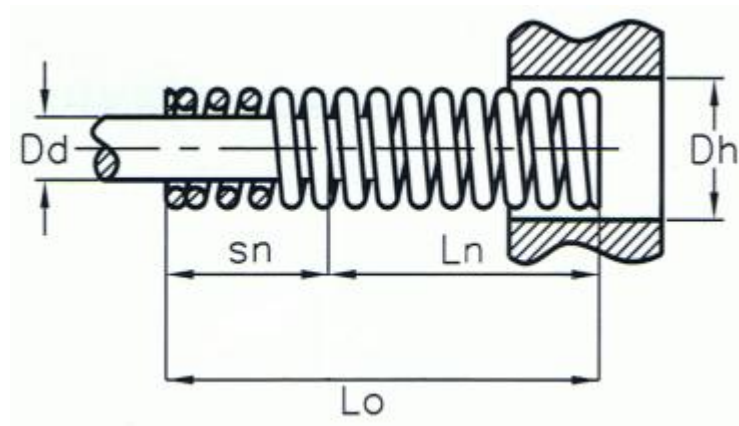
Jousitettu vetokahva (kuva 13) koostuu neljästä osasta: vetonupista, jousesta, akseliosasta ja koverasta levystä, joka pitää jousen paikoillaan näytteenpitimen keskiosan sisällä. Jousi oli valittava mahtumaan näytteenpitimen keskiosassa olevaan reikään. Jousen oli myös oltava riittävän vahva jousikerroimeltaan, jotta vetokahva pitää liitoksen turvallisesti paikoillaan. Jousikerroin ei saanut olla myöskään liian suuri, jotta vetokahvan vetäminen kahdella sormella onnistuisi helposti. Vetokahvan mekaniikan saaminen näytteenpitimen keskiosaan oli otettava suunnittelussa huomioon. Vetokahvan akseliosaan tehtiin M6- kierteet toiseen päähän ja vetonuppiin vastaavat. Tällä tavoin saadaan koottua jousitettu vetokahva keskiosan ympärille helposti. Kuperä levy kiinnitetään lopuksi näytteenpitimen keskiosaan pienillä ruuveilla ja se pitää jousitettua vetokahvaa paikoillaan keskiosassa. Jousi pysyy paikoillaan akseliosassa kuperan levyn ja akseliosan paksumman päädyn välissä. Jousitetun vetokahvan tarvittava vetoliike on pieni, noin 5 mm ja jousen on oltava vetokahvan ääriasennossa ollessaan jännitettynä, jotta puristusvoimaa kohdistuu jatkokappaleeseen näytteenpitimen ollessa paikoillaan. Tämä mahdollisti pidemmän jousen valinnan vetokahvaan.



*Kuva 13. Jousitettu vetokahva*

Jousitetun vetokahvan akseliosa on halkaisijaltaan 6 mm ja paksumman pään halkaisija on 10 mm. Akseliosan kokonaispituus on 29 mm ja tästä paksun pään pituus on 5 mm. Akseliosan ohuemmassa päässä on M6 x 12 mm:n kierre vetonuppiin liittämistä varten. Koveran levyn paksuus on 2 mm, ja se on taivutettu näytteenpitimen keskiosan säteen mukaan, joka on 24 mm. Levyn korkeus on 12 mm ja leveys taivutettuna 30 mm. Levyn keskelle porattavan reiän halkaisija on 6,5 mm. Reiät levyn kiinnitystä varten ovat halkaisijaltaan 2 mm, ja ne ovat 3 mm:n päässä reunoista. Levyn reunat on pyöristetty 2 mm:n säteellä. Vetonuppi on paksummasta päästään halkaisijaltaan 18 mm, ja päädyssä on pyöristys 1 mm:n säteellä. Vetonuppi on 24 mm pitkä ja, ohuemmassa päädyssä on halkaisijaltaan 14 mm:n laippa. Kahvaosa on ohuemmasta päästään, ennen laippaa halkaisijaltaan 11 mm, ja sen ja laipan välissä on 1 mm:n säteinen pyöristys. Ohuemmassa päässä on 12 mm syvä M6-kierteillä oleva reikä liittämistä varten. Vetonuppi ei mahtuisi näillä mitoilla näytteenpitimen keskiosaan, joten sitä hiottiin 3 mm:n verran pois pohjasta. Mitoiltaan pienempää kahvaa ei kannattanut alkaa suunnitella, sillä jousitetun vetokahvan käyttö tulisi tällöin hankalaksi.

Jousitetun vetokahvan jousi (kuva 14) valittiin valmistajan ilmoittamien mittojen mukaan.



Kuva 14. Jousen valinta [10, s. 1]

$D_d$  = Akseliosan halkaisija

$D_h$  = Näytteenpitimen keskiosan reiän halkaisija

$L_o$  = Jousen lataamaton pituus

$L_n$  = Jousen ladattu pituus

$s_n$  = Akseliosan maksimiliike

Jousi valittiin edellä olevan kuvan mittojen perusteella. Akseliosan halkaisija on M6 ja millimetreissä maksimissaan 6,5 mm, joten jousen sisäpuoliseksi halkaisijaksi otettiin 7 mm. Näytteenpitimen keskiosan halkaisija on 10 mm. Jousen ulkopuolen halkaisijan tuli olla maksimissaan 9 mm. Näytteenpitimen keskiosan reikä, johon jousi tulee on 11,5 mm syvä. Jousen lataamattomaksi pituudeksi valittiin 15 mm, sillä jousen tulee painaa akseliosaa jatkokappaleen reikään ääriasennossa tukevan liitoksen aikaansaamiseksi. Jousen ladattu pituus tuli olla maksimissaan 6 mm, jotta akseliosan pää saadaan vedettyä jatkokappaleen reiästä ja näytteenpidin voidaan irrottaa. Akseliosan maksimi liike on suhteessa jousen puristuvuuteen ja valituilla jousen mitoilla liike on riittävä. Jousitettu vetokahva on tarkoitettu käytettäväksi kahdella sormella, eikä siinä olevaan jouseen kohdistu muuta kuin puristavaa voimaa, joten jousen kestävyys todettiin silmämääräisesti. Jousen jousikerroin voidaan myös todeta sopivaksi kokeilemalla.

## 5 KÄÄNNETTÄVÄN NÄYTTEENPITIMEN MATERIAALIVALINTA

Materiaaliksi valittiin haponkestävä teräs, tyyppi X2CrNiN 18-7. Valittu haponkestävä teräs on haponkestävien terästen kovimmasta päästä ja sopii tämän vuoksi hyvin näytteenpitimen materiaaliksi. Hionnassa käytetään jäähdyttämiseen vettä, joka syövyttää ajan mittaan materiaaleja. Haponkestävien terästen syöpymiskestävyys on hyvä, sillä teräksen pinnalle muodostuu ohut kromioksidea sisältävä kalvo. Kalvo tekee teräksestä passiivisen syöpymistä vastaan.

X2CrNiN 18-7 kuuluu austeniittisiin ruostumattomiin teräksiin ja sen mekaaniset ominaisuudet ovat samaa luokkaa kuin useimmilla yleisillä rakenneteräksillä. Valitun teräksen muovattavuus on erittäin hyvä ja sen käyttölämpötila-alue on laaja (+800 °C...-272 °C). X2CrNiN 18-7:n nimellislujusluokka on 350 MPa ja maksimilujus on 650–850 MPa. X2CrNiN 18-7:n EN standardinumero on 1,4318. [5.]

Käännettävän näytteenpitimen osien yhteenlasketuksi massaksi (taulukko 3) koesauvat mukaan lukien tuli Catia 3D -ohjelmalla laskettuna noin 3,6 kg.

*Taulukko 3. Käännettävännäytteenpitimen osat ja massat*

Osa	Kpl	Paino (kg)	Yhteensä
Keskiosa	1	0,7	0,7
Ohut leukaosa	3	0,13	0,39
Paksu leukaosa	3	0,15	0,45
Jatkokappale	1	0,4	0,4
Standardivälikappale	1	0,15	0,15
M6 -pultti	3	0,004	0,012
M8 -pultti	6	0,03	0,18
M8 -mutteri	6	0,005	0,03
Jominysauva	3	0,4	1,2
Jousitettu vetokahva	1	0,05	0,05
Näytteenpitimen paino (koesauvat mukana)	1		<b>3,562</b>

## 6 KÄÄNNETTÄVÄN NÄYTTEENPITIMEN VALMISTUS

Käännettävän näytteenpitimen valmistuksessa käytettiin neljää menetelmää, sorvausta pyörähdyskappaleille, jyräystä ja porausta keskiosalle/leukaosille sekä hiontaa jousitetun vetokahvan vetonupille.

### 6.1 Sorvaus

Sorvaaminen on yleisin lastuava työstömenetelmä. Nykyaikaisista sorveista valtaosa on numeerisesti ohjattavia. Konepajoilla käytetään nykyään perussorvina vinojohteista monipaikkaisella revolverilla ja pyörivillä työkaluilla varustettua monitoimisorvia.

Sorvauksessa työvaiheet jaetaan kahteen työstötapaan, joista ensimmäisessä rouhintasorvauksessa irrotetaan tehokkaasti ainetta käyttämällä kookkaita ja tukevia työkaluja. Rouhintasorvauksessa lastuamissyvyys ja syöttö ovat korkeita lähellä koneen ääriarvoja. Toisessa työstötavassa, viimeistelysorvauksessa on tarkoituksena pyrkiä hyvään pinnankarheuteen sekä tarkoihin mitta- ja muototoleransseihin. Viimeistelysorvauksessa käytetään pientä lastuamissyvyyttä ja pientä syöttönopeutta. Lastuamisnopeus viimeistelysorvauksessa on melko suuri. Kappaleen pinnankarheutta saadaan paremmaksi suurentamalla terän nirkonsädettä, jolloin pintaan jää tasaisempi aaltoprofiili.

Sorvauksessa työkalujen valintaan vaikuttavat

- työstettävän materiaalin ominaisuudet (lastuttavuus, käsittely, mekaaniset ominaisuudet sekä materiaalin mikrorakenne)
- kappaleen muoto, mitat ja työvarat
- kappaleen toleranssit (mitta, muoto ja pinnankarheus)
- työstökoneen tyyppi, teho ja kunto
- tukevuus ja jäykkyys terän kiinnityksessä ja koneen perustuksissa
- asetuksen yksityiskohdat (ulottuvuus ja vaihdot)
- työkalujärjestelmän rajoitukset ja työkalutarjonta
- lastuamisarvot (lastuamisparametrit, kesto aika ja taloudellisuus)

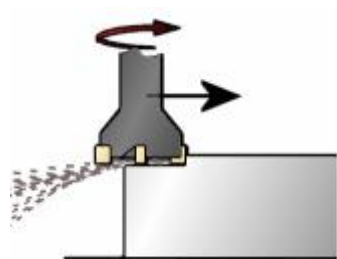
- laatutekijät (työkalujen saatavuus ja huolto) [6, s. 174 – 177].

### *Sorvattavien osien valmistus*

Jousitetun vetokahvan vetonuppiosa valmistettiin sorvaamalla kartionmuotoinen pyörähdyskappale, jonka pätyyn porattiin reikä, johon tehtiin M6 -kierteet. Vetonuppia hiottiin 3 mm:n verran sivusta sorvauksen jälkeen, jotta se mahtuu näytteenpitimen keskiosaan. Jousitetun vetokahvan akseliosa valmistettiin myös sorvaamalla, ja ohuempaan pätyyn tuli vetonuppia vastaavat M6 -kierteet. Akseliosan paksumpaan päähän mitoitettiin jatkokappaleeseen porattuun reikään (H9) sopiva välyssovite d10. Jatkokappale sorvattiin ja lopuksi siihen jysrittiin ulokkeet päähän. Ulukkeisiin ja jatkokappaleen päähän suunniteltiin välyssovitteet (d10), jotka sopivat näytteenpitimen keskiosan reikään (H9) ja sen uriin (H9). Jatkokappaleen toiseen päähän porattiin kolme reikää, joihin tehtiin M6 -kierteet. Reiät vastaavat standardiväliskappaleen reikiä.

## 6.2 Jysrintä

Jysrintä on perinteinen työstömenetelmä sorvauksen ohella. Jysrinnässä työkalu joutuu voima- ja lämpöiskujen kohteeksi. Jysrinnässä on kaksi eri muotoa: otsajysrintä ja lieriöjysrintä. Otsajysrinnässä (kuva 15) terän pyörimisakseli on kohtisuorassa työkappaletta vastaan. Lieriöjysrinnässä lastutaan lieriömäisen työkalun vaippapinnalla. Lieriöjysrintä voidaan tehdä sekä myötä- että vastajysrintänä. Myötäjysrinnässä terän lastuamisliike on samansuuntainen syöttöliikkeen kanssa. Vastajysrinnässä lastuamisliike on vastakkainen syöttöliikkeeseen nähden. Myötäjysrinnässä lastuamisvoimat painavat työstettävää kappaletta alaspäin. Vastajysrintä pyrkii nostamaan kappaletta ylöspäin. [6, s. 205.]



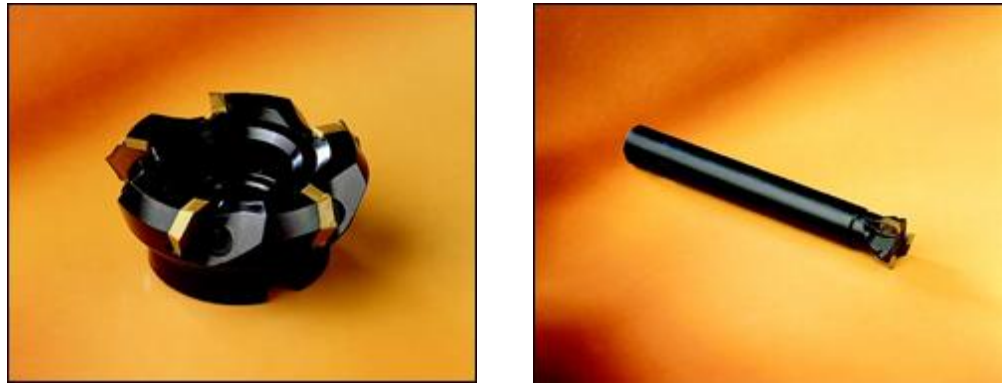
Kuva 15. Otsajysrintä [11]

Kappaleet joihin jysintää käytetään ovat tyypillisesti osia, joihin koneistetaan tasoja eri suunnista. Jakolaittein voidaan koneistaa jakosuhteessa olevia tasoja ja uria. Jysintää voidaan käyttää muotourien tekoon, sillä voidaan työstää erilaisia kierteitä ja nousullisia uria. Erikoisjysimin voidaan valmistaa hammaspyöriä jakomenetelmällä.

Tyypillisiä jysittyjä osia ovat

- kiilauralliset voimansiirtoakselit
- pienet runkokappaleet
- suuret tasomaiset jakopinnat pumpuissa ja vaihdelaatikoissa
- runkojen jalustat ja kiinnityskorvakkeet
- pumppujen ja venttiilien pohjatasot ja jalat
- jakomenetelmällä valmistetut hammaspyörät
- kytkinakselit
- avainvälit kiinnitys- ja kiristyselimiin
- erilaiset vivut ja kammet.

Jysinnässä työkaluina käytetään perinteisiä pikateräksisiä lieriö-, tappi- ja muotojysimiä. Nykyään yleistymässä ovat kääntöpalatekniikalla toimivat kääntöteräjäysimet. Tyypillisiä kääntöpalajysimiä ovat mm. otsajysimet, tappijysimet, muotojysimet, siilijysimet sekä pallopäiset jysimet.



Kuva 16. Erilaisia jyrsimiä [12]

Kääntöpaloissa materiaalina käytetään yleensä kovametallia, joka kestää iskumaista rasitusta ja vaihtelevaa lämpökuormitusta. Suurnopeusjyrsinnässä, jossa koneistetaan kapeita uria, käytetään terämateriaalina kuutiollista boorinitridiä (CBN). Kuutiollinen boorinitridi kestää korkeita lämpötiloja ja sopeutuu erinomaisesti suurnopeusjyrsintään. [6, s. 205-209.]

#### *Jyrsinkoneet*

Jyrsinkoneita löytyy vaaka- sekä pystykaraisina. Vaakakaraisesta jyrsinkoneesta, jonka pöytä kääntyy  $\pm 45^\circ$ , kutsutaan yleisjyrsinkoneeksi. Pitkiä kappaleita varten on pöytä- ja runkotyyppiset jyrsinkoneet. Porttaalityypistä pöytämallista jyrsinkonetta kutsutaan pitkäjyrsinkoneeksi. Työkalujyrsinkoneissa on indeksoitava karapylkkä, sekä useassa tasossa käännettävä työpöytä.

Nykyään jyrsinkoneet ovat numeerisesti ohjattavia. Jyrsinkoneiden käyttömahdollisuudet ovat tästä johtuen monipuolistuneet. Nykyaikaiset jyrsinkoneet on koteloitu suojalevyllä ja suojaovilla. Kehittynyt ohjaustekniikka mahdollistaa mutkikkaampien muotojen jyrsinnän kappaleisiin. Samoin kuin sorveissa, jyrsinkoneissa on myös työkaluvaihtajia ja työkalumakasiineja. [6, s. 210.]

#### *Jyrsittävien osien valmistus*

Käännettävän näytteenpitimen keskiosa sekä leukaosat valmistettiin jyrsimällä. Kolmiomaiseen keskiosaan jyrsittiin 4 mm paksut reunat ja pohja. M8 pulteille jyrsittiin kiinnityskolot ja keskelle jätettiin uloke, johon työstettiin jatkokappaletta ja sen ulokkeita vastaavat reikä ja urat. Näytteenpitimen keskiosa porattiin sivusta 10 mm halkaisijaltaan oleva reikä, johon jousitettu ve-



tokahva tulee. Reiän tuli olla sivusta katsottuna tarkalleen keskiosan puolesavälissä 10,5 mm:n korkeudella, jotta näytteenpitimen kääntöominaisuus olisi toimiva. Nykyteknologialla toimivien NC-koneiden porauksissa reikien paikoittamisesta ei tule ongelmaa, sillä reiät pystytään paikoittamaan tarkkuudella 0,001 mm. Leukaosat jyrsittiin mittojen mukaan ja niiden kiinnitysreikiin asetettiin vaatimus, jonka mukaan halkaisijaltaan 10 mm reikien minimietäisyys toisistaan saa olla 110 mm. Vaatimus asetettiin, jotta jominsauvat varmasti mahtuvat helposti leukaosiin M8 pulttien väliin. Reiät porattiin leukaosiin ja 2 mm paksusta levystä leikattuun ja taivutettuun jousitetun vetokahvan levyyn.

## 7 YHTEENVETO

Tämän insinöörityön tarkoituksena oli suunnitella ja valmistaa helposti ja nopeasti käännettävä näyttteenpidin jominysauvoille. Koesauvojen tuli olla hiottavissa kahdelta vastakkaisilta puolilta. Hiomissyvyys tuli olla kummaltakin puolelta sama. Käännettävän näyttteenpitimen tuli olla sopiva Struersin valmistamaan AbraPlan-10-tasohiomakoneeseen. Käännettävään näyttteenpitimeen tuli mahtua kolme jominysauvaa ja laipallisen koesauvan kiinnitys piti huomioida näyttteenpitimen leukaosiin. Hionnassa muodostuvat voimat tuli ottaa huomioon näyttteenpitimen rakennetta suunniteltaessa. Näyttteenpitimen osien materiaali oli valittava kestävä hionnassa käytettävän jäähdytysveden syövyttävä vaikutus. Käännettävän näyttteenpitimen osien suunnittelussa oli otettava huomioon niiden helppo valmistus ja liitettävien osien väliset mittatoleranssit. Jominysauvojen tuli olla tukevasti kiinnitettyjä, eikä näyttteenpitimen halkaisija saanut kasvaa yli annettujen rajojen.

Työ eteni kahdessa osassa, kehityksessä ja suunnittelussa sekä valmistuksessa. Aluksi kehitettiin ratkaisu kääntötoiminnalle jatkokappaleen ja jousitetun vetokahvan avulla. Jominysauvojen hiottavuus molemmilta puolilta tasaisesti ratkaistiin suunnittelemalla ohut näyttteenpidin, jonka leukaosien urat asettavat koesauvat kiinnittäessä näyttteenpitimen keskelle. Näyttteenpitimen kolmiomainen keskiosa määräytyi kolmen koesauvan kiinnityksen mukaan. Piirustusten laatimisessa valittiin sopivat mitat ottaen huomioon näyttteenpitimen maksimihalkaisija. Liitettävien osien väliin suunniteltiin helposti liikkuvat välyssovitteet ja osien kestävyttä parannettiin muodoilla ja suunniteltiin ne mahdollisimman paksuiksi, ottaen huomioon näyttteenpitimen kokonaishalkaisija. Valmistukseen ei suunniteltu liian tarkkoja mittatoleransseja ja teräviin kulmiin tehtiin pyöristykset. Käännettävä näyttteenpidin valmistettiin Helsingin ammattikorkeakoulu Stadian tiloissa.

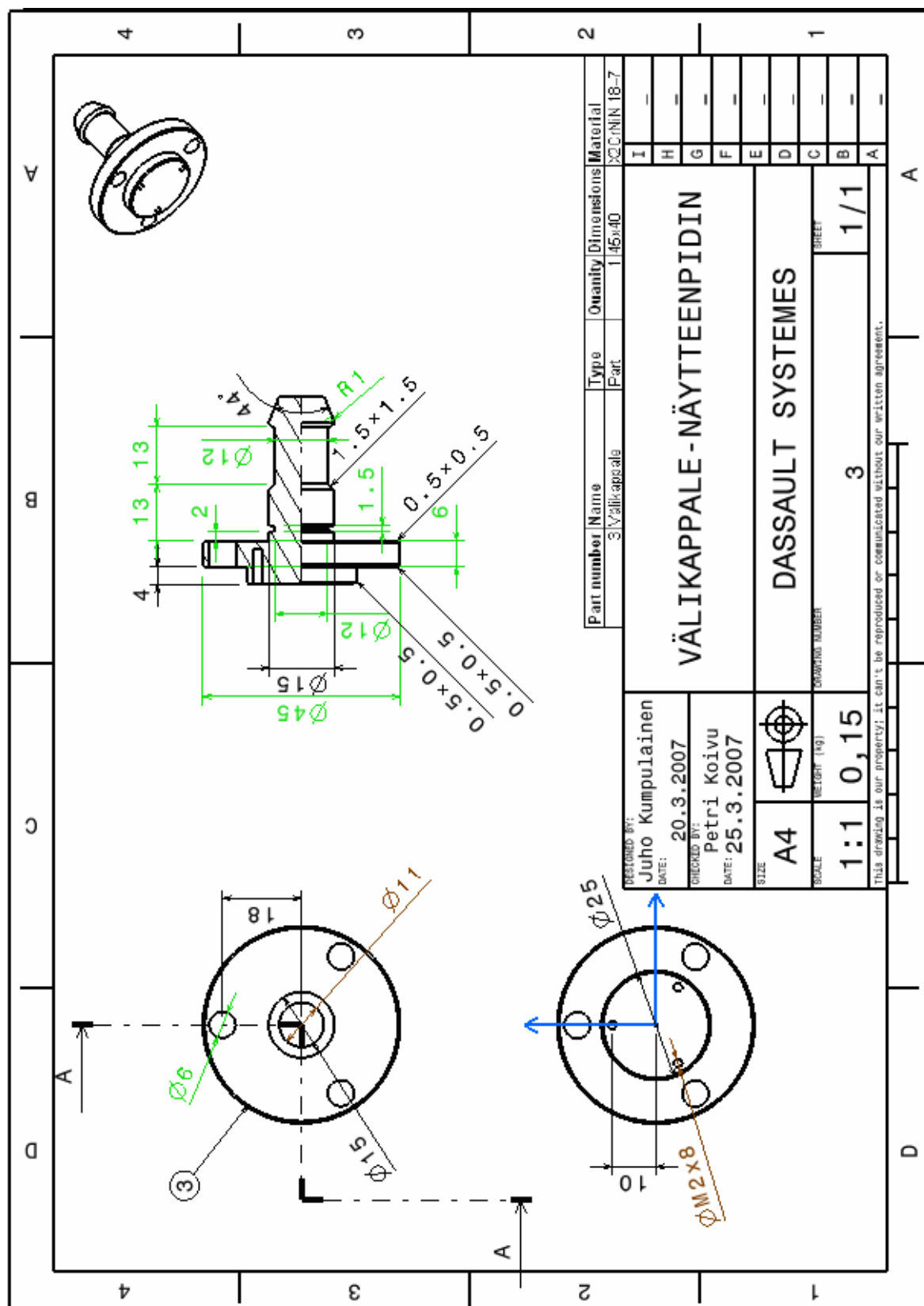
Työn lopputuloksena syntyi helposti ja nopeasti käännettävä näyttteenpidin kolmelle jominysauvalle. Uuden AbraPlan-10-tasohiomakoneen saavuttua Helsingin ammattikorkeakoulu Stadiaan, voidaan sauvoja hioa nopeasti ja helposti kovuusmittauksia varten.

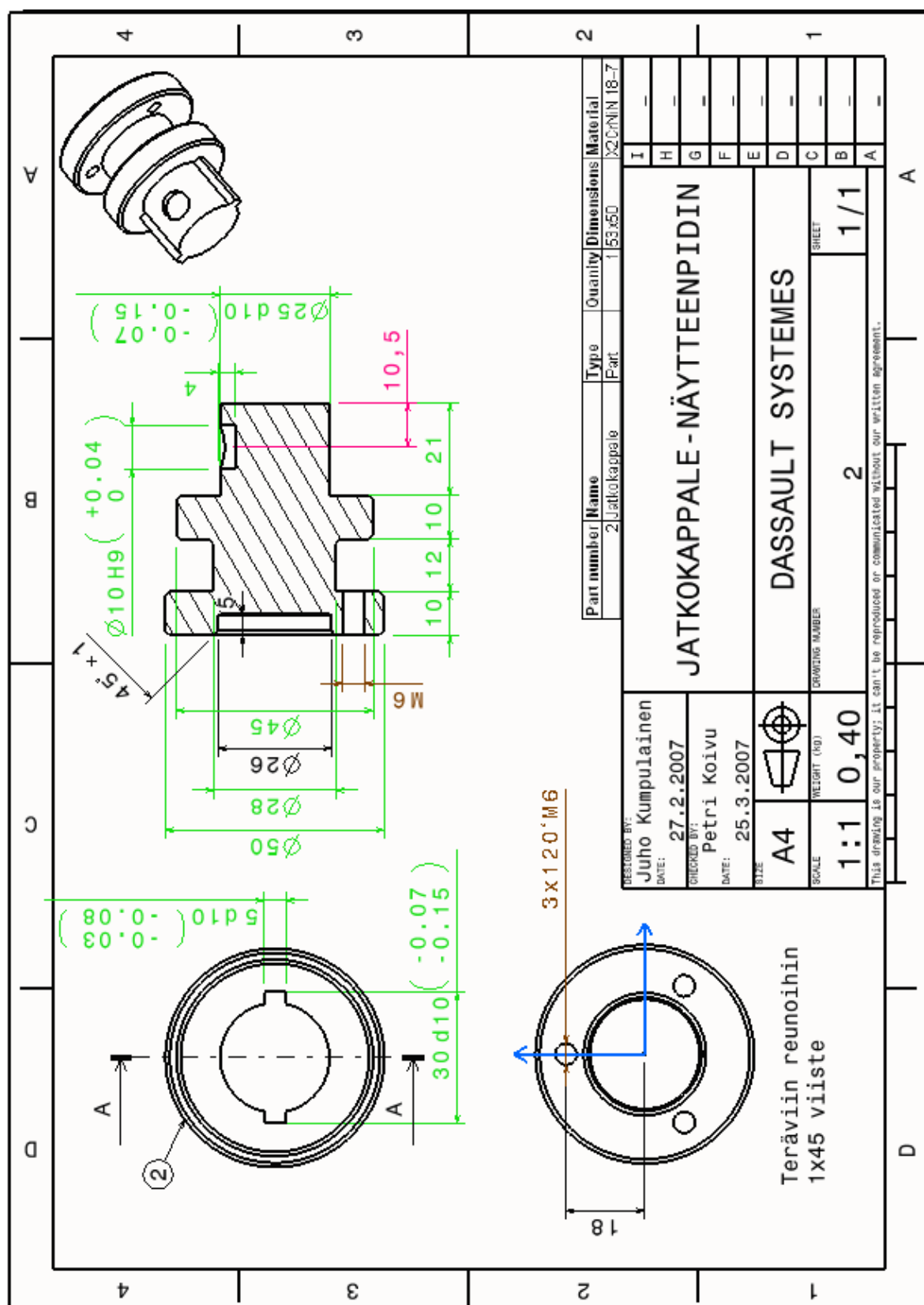
## VIITELUETTELO

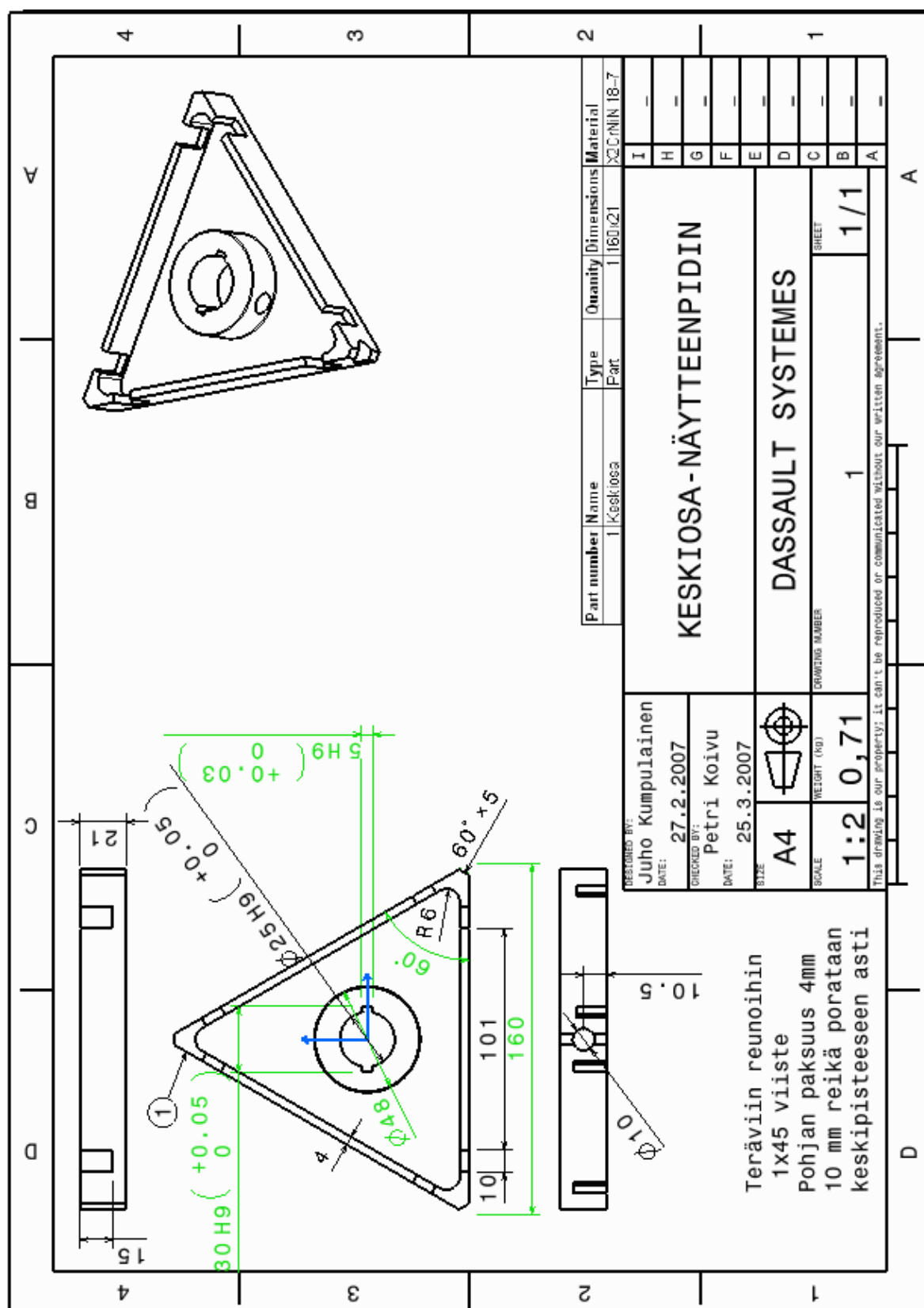
- [1] SFS-EN ISO 642 Teräksen karkenevuuden määrittäminen irtapinnan sammutuskokeen avulla (Jominykoe). Suomen standardoimisliitto SFS. 2000.
- [2] Tampereen teknillinen yliopisto, Materiaalit ja niiden valinta. [verkkodokumentti, viitattu 25.2.2007]. Saatavissa: [http://www.ims.tut.fi/vmv/2004/vmv\\_2\\_1\\_7.php](http://www.ims.tut.fi/vmv/2004/vmv_2_1_7.php).
- [3] Wikipedia, Vickers -kovuus. [verkkodokumentti, viitattu 1.3.2007]. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Kovuus>.
- [4] *AbraPlan-10* . Myyntiesite. STRUERS Automaattiset näytteenvalmistus järjestelmät.
- [5] Teräsrakenneyhdistys, Teräsrakennetuotteet ja suositeltavat teräslajit. [verkkodokumentti, viitattu 5.3.2007]. Saatavissa: <http://www.terasrakenneyhdistys.fi/suunnittelijoille/TSP/TSPosaB/TSPosaB132.htm>.
- [6] Aaltonen, Andersson, *Koneistustekniikat*. Porvoo: WSOY. 1997.
- [7] Teknillinen korkeakoulu, Vaikeasti koneistettavien materiaalien lastuava työstö. [verkkodokumentti, viitattu 20.2.2007]. Saatavissa: <http://users.tkk.fi/~tnummi/hardcut/Yleistamateriaaleista.pdf>.
- [8] Oulun ammattikorkeakoulu, Jominykoe. [verkkodokumentti, viitattu 22.2.2007]. Saatavissa: <http://www.tekniikka.oamk.fi/~esako/tl1061/jominykoe.pdf>.
- [9] Materiaalit ja niiden valinta – virtuaalikurssi. [verkkodokumentti, viitattu 3.3.2007]. Saatavissa: [http://www.ims.tut.fi/vmv/2004/vmv\\_2\\_1\\_7.php](http://www.ims.tut.fi/vmv/2004/vmv_2_1_7.php).
- [10] *Standard springs*. Myyntiesite. SODEMANN.
- [11] Wikipedia, Jyrsin. [verkkodokumentti, viitattu 15.3.2007]. Saatavissa <http://fi.wikipedia.org/wiki/Jyrsin>.
- [12] Seco, Catalogues. [verkkodokumentti, viitattu 17.3.2007]. Saatavissa: <http://www.secotools.com/template/start.asp?id=3547>.

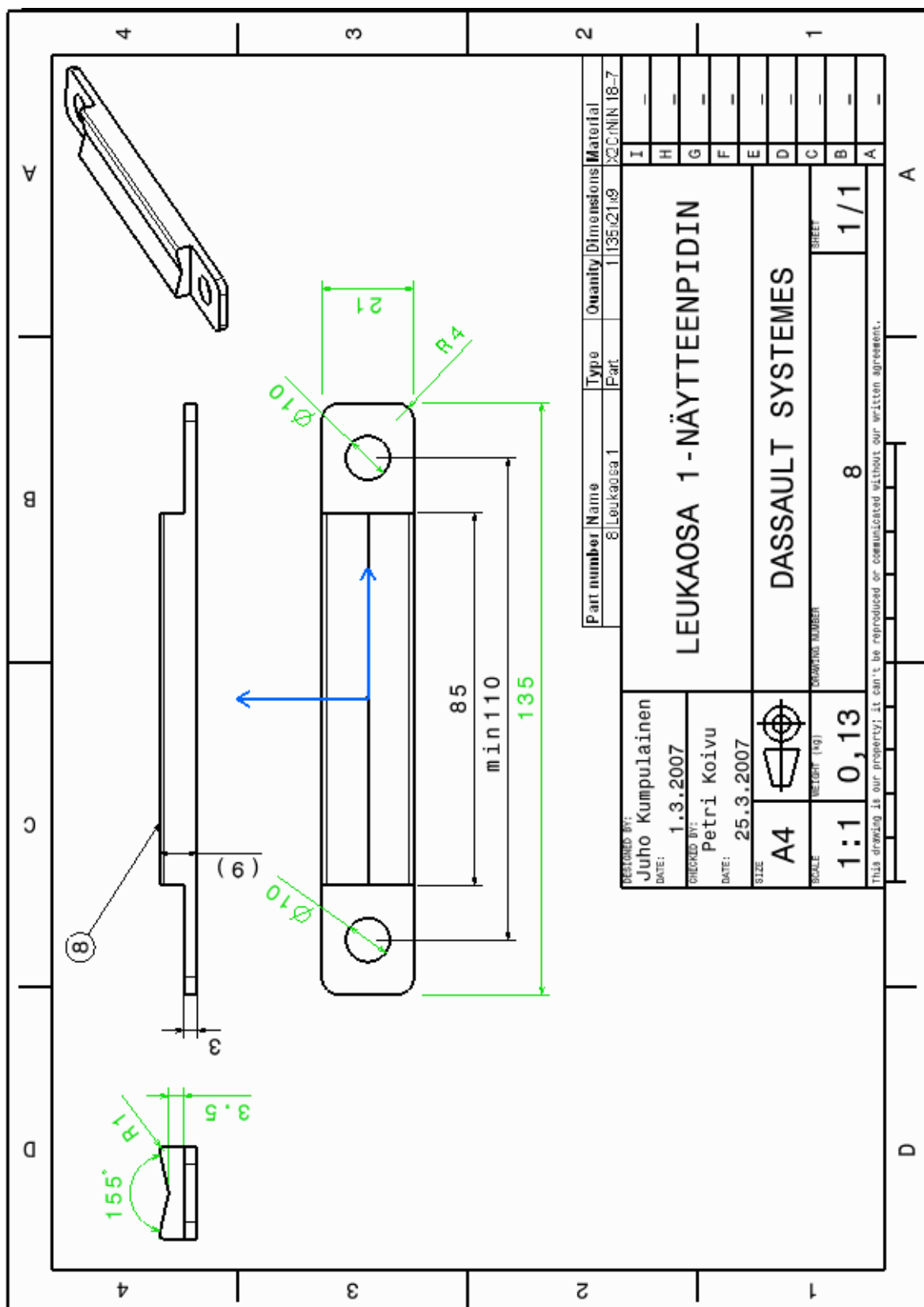
**LIITELUETTELO**

Liite 1.	Standardivälikappale
Liite 2.	Jatkokappale
Liite 3.	Keskiosa
Liite 4.	Ohut leukaosa
Liite 5.	Paksu leukaosa
Liite 6.	Levy
Liite 7.	Akseliosa
Liite 8.	Vetonuppi
Liite 9.	Jousitettu vetokahva kokoonpanokuva
Liite 10.	Käännettävä näytteenpidin kokoonpanokuva

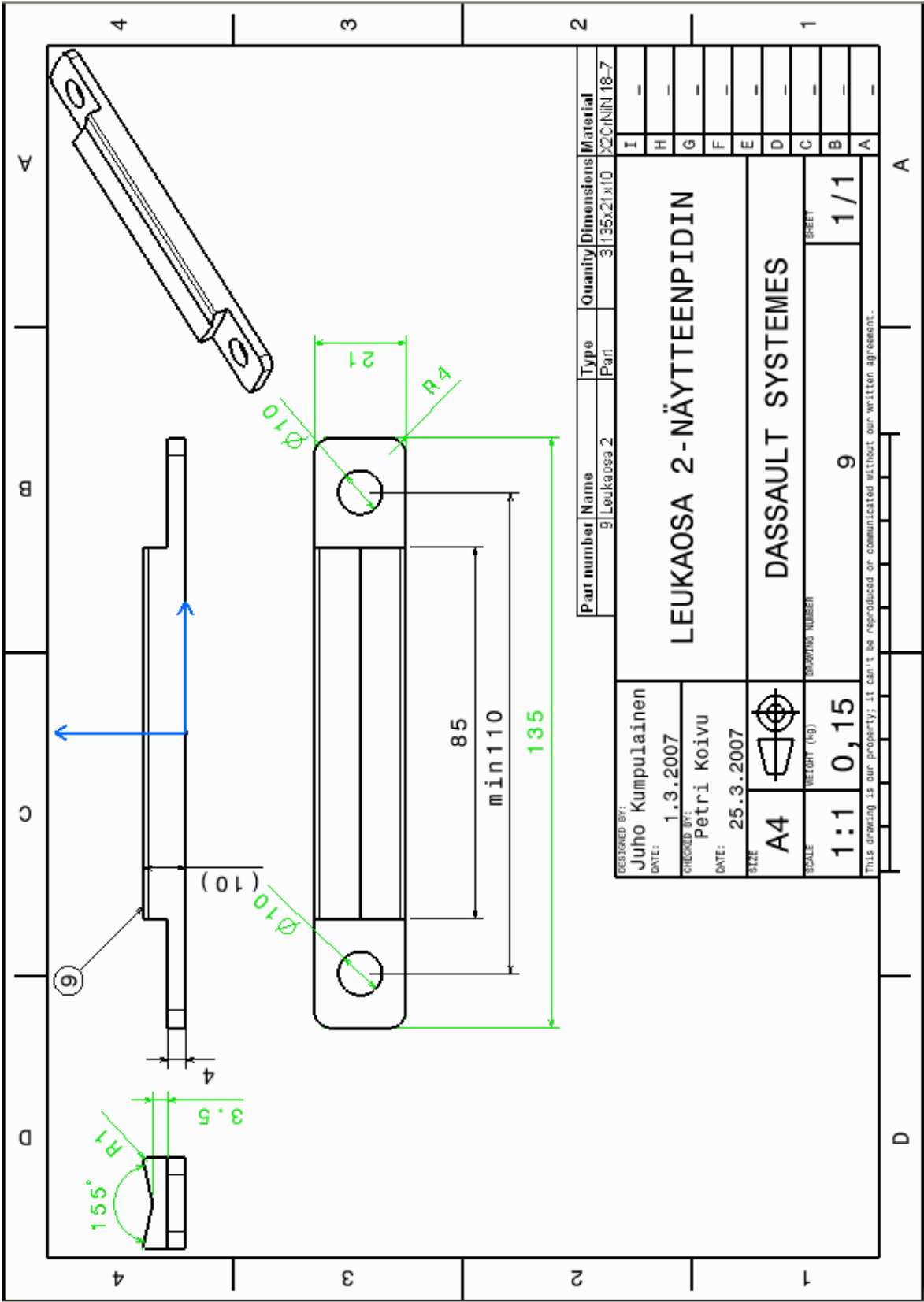


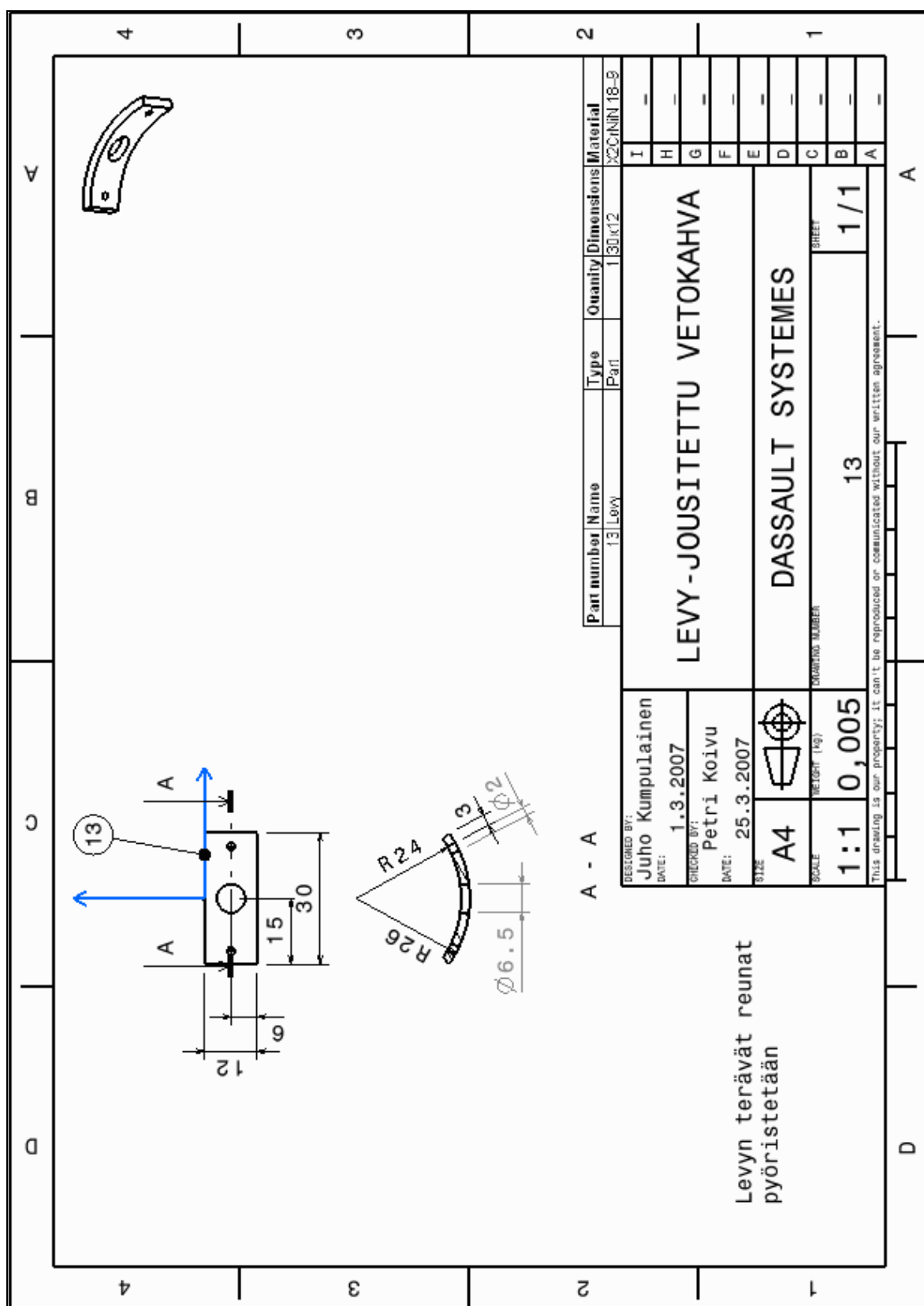


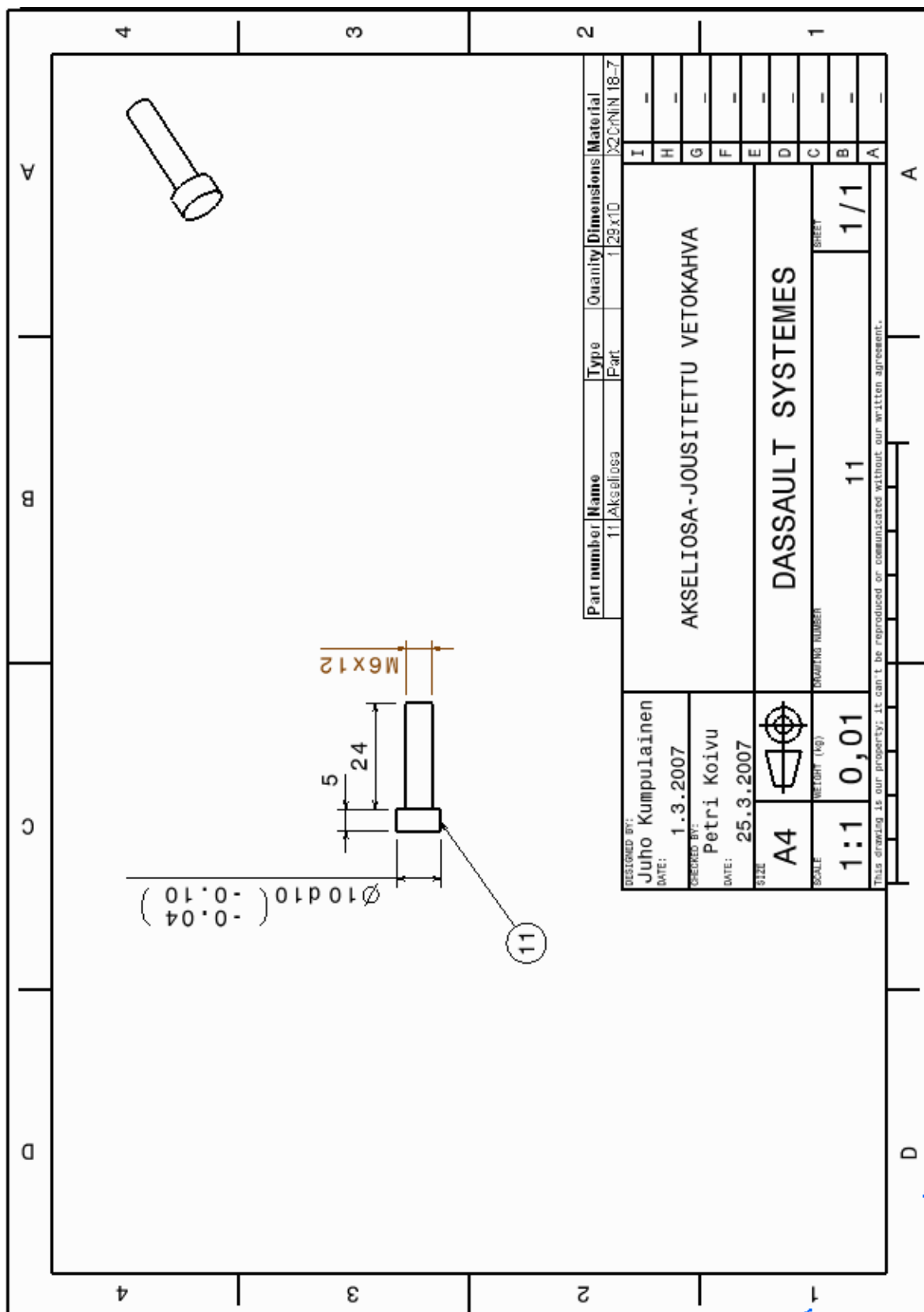


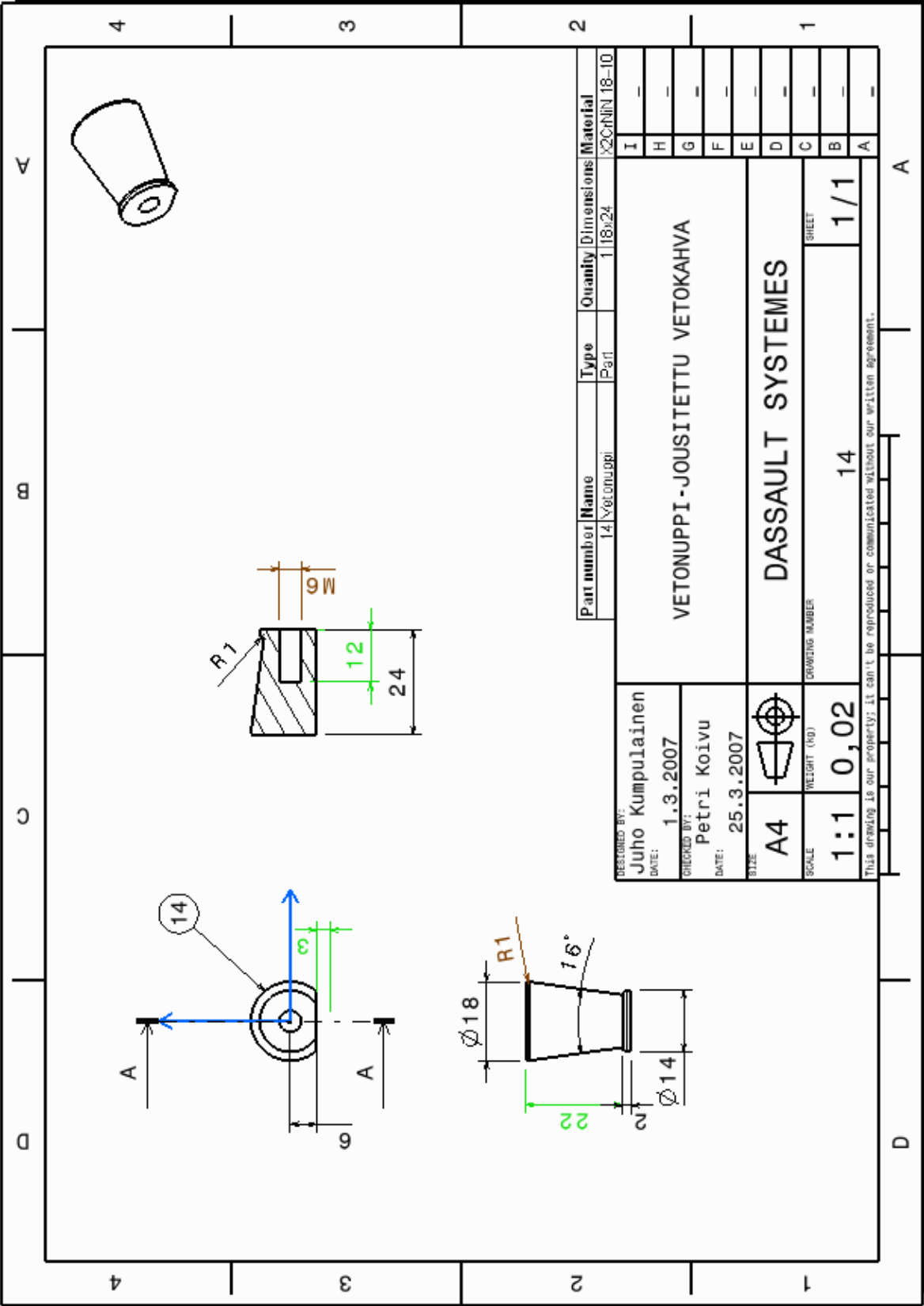












D		C		B		A	
4		3		2		1	

Part number	Name	Type	Quantity	Dimensions	Material
11	Akseliosa	Part	1	29x10	X2CrNiN 18-7
12	Jousi	Part	1	10x15	X2CrNiN 18-8
13	Levy	Part	1	30x12	X2CrNiN 18-9
14	Vetoniuppi	Part	1	18x24	X2CrNiN 18-10

DESIGNED BY: <b>Juho Kumpulainen</b> DATE: <b>1.3.2007</b>		<b>JOUSITETTU VETOKAHVA</b>	
CHECKED BY: <b>Petri Koivu</b> DATE: <b>25.3.2007</b>			
SIZE <b>A4</b>	WEIGHT (kg) <b>0,04</b>	DASSAULT SYSTEMES	
SCALE <b>1:1</b>		DRAWING NUMBER <b>10</b>	
SHEET <b>1/1</b>		A	

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D		A	
---	--	---	--

